
Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ
ГОРОДА НА ОРБИТАХ







Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

ГОРОДА НА ОРБИТАХ

МОСКВА
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
1980

6Т5ББК39.6
З—59

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
ЛИТЕРАТУРА

ОФОРМЛЕНИЕ
А. ЛУЦКОГО

З $\frac{70803-554}{М101(03)80}$ 429—80

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА», 1980 г.

О ТОМ, ЧТО ЖДЕТ ЧИТАТЕЛЯ

Эта книга посвящена одному из главных направлений современной космонавтики — созданию орбитальных станций.

Как и всякое дело, оно имеет свою историю. Об этой истории рассказано в первой главе книги. Затем вы узнаете о том, что́ уже создано и движется в космических окрестностях Земли: искусственных спутниках, первых орбитальных станциях и других космических летательных аппаратах.

Но ведь будущее начинается сегодня. И в тех проектах, которые на наших глазах воплощаются в действительность, уже видны контуры грядущих космических поселений, которые со временем окружат и земной шар и Луну и, возможно, некоторые из планет. На страницах, посвященных этой теме, рассказывается о космических орбитальных самолетах, крупных орбитальных станциях с экипажем в десятки и сотни человек и, наконец, о вполне реальных проектах создания на околоземных орбитах космических городов с населением, не уступающим в численности населению какого-нибудь теперешнего областного центра.

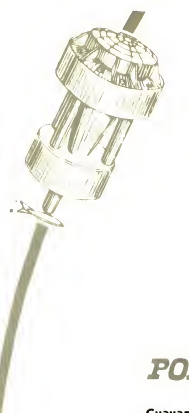
Проблема создания космических поселений затрагивает чуть ли не все области человеческого знания. Поэтому в этой книге рассказывается и о проблемах космической биологии и медицины, о широком использовании разных видов энергии, в первую очередь солнечной.

Освоение космоса — закономерный этап в развитии человечества. Расширение в космос неизбежно для ноосферы, той «разумной» оболочки Земли, в которую постепенно переходит биосфера. Вот почему учению о ноосфере Владимира Ивановича Вернадского, нашего великого соотечественника, посвящена отдельная глава.

В последней главе книги рассказывается об астроинженерии — космической по масштабам инженерной деятельности человечества и внеземных цивилизаций. Как ни кажется далекой от нынешних земных дел такая тема, она уже давно обсуждается и в научной печати, и на ученых конференциях. Кое-кому из читателей некоторые идеи и проекты могут показаться нереальными. Окончательное суждение тут вынесет только будущее. Но любая смелая, пусть даже несбыточная мечта, будит человеческую мысль, заставляет придумывать иные варианты решений.

Мир, окружающий нас, бесконечно сложен и многообразен. Глубоко ошибаются те, кто полагает, что наука в основном исчерпала себя и что основные законы природы уже открыты.

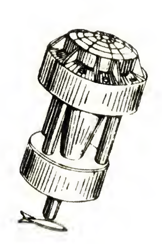
На самом деле главные открытия остались на вашу долю, юные читатели.



РОЖДЕНИЕ ИДЕИ

**Сначала неизбежно идут:
мысль, фантазия, сказка.
За ними шествует
научный расчет. И уже
в конце концов исполнение
венчает мысль.**

К. Э. Циолковский



ПУШКА НЬЮТОНА

В 1687 году сорокапятилетний Исаак Ньютон, уже известный ученый и депутат английского парламента, опубликовал свой главный труд — «Математические принципы натуральной философии». В те времена натуральной философией называли естествознание, то есть науку о природе. В книге Исаака Ньютона впервые сформулированы общие законы движения, те три закона Ньютона, которые теперь изучают в курсе физики средней школы. В этом же труде сформулирован закон всемирного тяготения — основа небесной механики, изучающей движение небесных тел. Из него вытекают различные следствия, также обстоятельно рассмотренные Ньютоном. В сущности Ньютон дал общее описание природы с позиций механики, сознательно оставляя открытым вопрос о физической природе тяготения, гравитации. Ньютон писал:

«До сих пор мы объясняли явления на небе и на море на основании силы тяготения, но все еще не определили причину этой силы. Несомненно, что сила должна вытекать из причины, проникающей до самых центров Солнца и планет без малейшего ослабления этой силы. Она действует не пропорционально величине поверхности частиц (как обычно действуют механические причины), но пропорционально количеству твердого вещества. Причину же этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений; гипотез же я не измышляю».

С тех пор как это было сказано, прошло почти триста лет, но и сегодня загадка тяготения не раскрыта. Гравитация, или притяжение всех тел друг к другу, — неоспоримый, всем известный факт. Ньютон открыл, как именно притягиваются тела (пропорционально произведению их масс и обратно пропорцио-

нально квадрату расстояния между ними). Но что заставляет тела тяготеть друг к другу, какова причина, природа гравитации, никто до сих пор не знает. Впрочем, это досадное обстоятельство не мешает успешно применять законы небесной механики при расчете движений космических летательных аппаратов.

Во времена Ньютона о межпланетных путешествиях никто всерьез не помышлял. Небесные тела, природу которых только еще начинали изучать, казались недоступно далекими. Правда, французский поэт Сирано де Бержерак, современник трех мушкетеров и такой же дуэлянт, как и они, в одном из своих творений высказал гениальную идею о полетах в космос на ракетах. А некто Вилкинс, живший тогда же, рассуждал о применении машин для той же цели. Но все эти высказывания в XVIII веке казались сумасбродными, да и вряд ли Ньютон вообще знал о них.

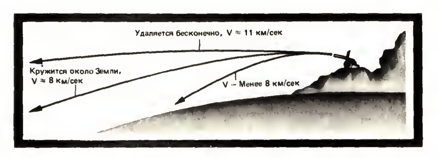
Как это ни удивительно, но еще совсем недавно среди ученых можно было встретить и отрицающих всякую возможность межпланетных перелетов. Например, Р. Вулли, королевский астроном Англии (эту должность когда-то занимал и Ньютон), в 1957 году, всего за несколько месяцев до запуска первого искусственного спутника Земли, публично заявил, что космические перелеты являются «совершеннейшим абсурдом»!

В одной из глав ньютоновской книги «Математические принципы натуральной философии» есть такое рассуждение:

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетает по кривой, прежде чем упасть на Землю, на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет), если бросить его с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше; если с десятикратной, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно, по желанию, увеличить и дальность полета и уменьшить кривизну линии, по которой ядро двигается, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии 10°, 30°, и 90°; можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности».

Простим Ньютону несколько громоздкий, старомодный стиль его речи. Отметим другое (хотя об этом Ньютон не подозревал): здесь впервые теоретически сформулирована задача о создании искусственного спутника Земли.

В самом деле, вдумаемся в смысл того, что говорит Ньютон. Первая часть его рассуждений не вызывает сомнений: кому не известно, что, чем сильнее бросишь камень или иной предмет, тем он дальше полетит. Понятно и то, что с увеличением скорости вылета снаряда кривизна пути его полета уменьшает-



Траектория снаряда «Ньютоновой пушки» при различных начальных скоростях.

ся: снаряд летит на большее расстояние, и потому траектория его полета становится более пологой.

Конечно, во времена Ньютона никому из артиллеристов не удалось выстрелить так далеко, чтобы снаряд пролетел, скажем, четверть меридиана (90°), то есть около 10 000 *км*. Однако нынешние баллистические ракеты могут преодолевать и больший путь. Но выстрелить так, чтобы снаряд больше никогда не упал на Землю, современникам Ньютона казалось не только неисполнимым, но и просто фантастическим.

Между тем легко подсчитать, что для этого снаряду или любому другому телу надо сообщить горизонтальную скорость в 7,9 км/сек. В современной космонавтике она называется первой космической скоростью.

В XVIII веке, когда самым быстрым средством сообщения считался дилижанс, скорость около 8 *км/сек* и впрямь выглядела нереальной. Но тело, приобретя такую скорость, действительно никогда не упадет на Землю. Точнее, оно будет как бы непрерывно падать на Землю, двигаясь вокруг нее по окружности, причем единственной силой, действующей на тело, будет его вес, то есть притяжение Земли.

Подобно такому телу движется и Луна. Под действием тяготения Земли она «падает» на нее по огромной окружности, радиусом в 384 403 км. Значит, снаряд ньютоновой пушки можно назвать маленькой искусственной луной.

Настоящая Луна полностью завершает оборот вокруг Земли за 27 1/3 суток. Искусственная луна, вылетавшая из пушки Ньютона, обернулась бы вокруг Земли всего за 1 час 24 минуты. Нетрудно сообразить, что, чем выше ньютонова гора (или, говоря по-современному, точка выведения спутника на круговую орбиту), тем за больший срок искусственная луна облетит Землю.

Подсчитано, что снаряд из ньютоновой пушки навсегда улетит от Земли в бесконечность при скорости не меньшей, чем 11,2 км/сек. Эту величину называют второй космической скоростью. Она самая маленькая среди тех начальных скоростей, которые необходимы при отлете с поверхности Земли на другие небесные тела.

Но если жерло ньютоновой пушки направить в зенит, снаряд при скорости в 11,2 км/сек все равно улетит в бесконечность. Обладая же первой космической скоростью, он поднимается лишь на высоту, равную радиусу Земли.

Заметим в заключение, что «задача о ньютоновой пушке», как ее иногда называют, имеет все-таки отвлеченный, абстрактный характер. Если на самом деле с Джомолунгмы, высочайшей из горных вершин, выпустить снаряд или ракету с первой космической скоростью, то они не сумеют и один раз «окружить Землю». Причина — сопротивление атмосферы, при космических скоростях достигающее очень больших величин. Только начиная с высот в 160 км тело, выведенное на орбиту искусственного спутника Земли, сможет совершить хотя бы один оборот вокруг Земли, не «завязнув» в ее атмосфере. Но таких высоких гор на Земле нет. Все это прекрасно понимал и сам Ньютон, так что сформулированная им теоретическая задача была адресована не современникам, а потомкам.

ЗАДАЧА ДВУХ ТЕЛ

Ньютон был великим теоретиком. И, как всякий теоретик, физические задачи он формулировал несколько абстрактно, отвлеченно. Настолько отвлеченно, чтобы задача могла быть решена средствами математики.

Взять хотя бы притяжение двух тел; скажем, этой книги, которую вы читаете, и стола, на котором она лежит. И стол и книга имеют сравнительно сложные и форму и внутреннее строение. А именно от них, то есть от формы тел и распределения плотности внутри них, а также, конечно, и от характера взаимного расположения этих тел зависит величина их взаимного притяжения. Подсчитать в реальных условиях эту силу тяготения, скажем, между столом и книгой, оказывается, очень сложно.

Рассказывая в предыдущей главке о том, что сила притяжения между двумя телами пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, мы допустили неточность. В такой формулировке закон всемирного тяготения верен лишь для материальных точек, то есть тел, размерами которых можно пренебречь по сравнению с расстояниями в данной задаче.

Так, например, вычисляя силу тяготения между Землей и Солнцем, можно принять эти тела за материальные точки — ведь их размеры очень малы по сравнению с расстоянием между Землей и Солнцем (радиус земной орбиты в 110 раз больше поперечника Солнца и в 10 000 раз превышает диаметр Земли). В таком случае, можно массы обоих тел представить сосредоточенными в геометрических точках — их центрах. Получается, что материальная точка — это некая теоретическая абстракция, точка, не имеющая размеров (точнее, имеющая пренебрежимо малые размеры), но обладающая вполне определенной массой.

Но когда приходится рассчитывать орбиты искусственных спутников Земли (ИСЗ), земной шар нельзя считать материальной точкой — распределение плотности внутри Земли, ее отступление от шарообразной формы и другие особенности весьма существенно влияют на движение ИСЗ.

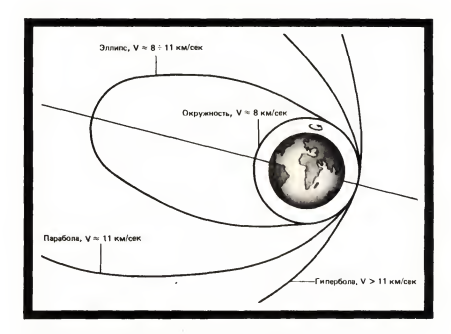
Вывод ясен: одно и то же тело в одних задачах можно посчитать материальной точкой, а в других этого делать нельзя. Ньютон доказал, что если тела строго шарообразны и плотность вещества в них зависит только от расстояния до центра, то такие «слоистые» тела при любых расстояниях между ними можно принимать за материальные точки.

Знаменитая «задача двух тел» была сформулирована Ньютоном так:

Представим себе два небесных тела, которые можно принять за материальные точки, с массами, скажем, m_1 и m_2. Допустим, что эти тела притягивают друг друга по закону всемирного тяготения и в некоторый начальный момент времени расстояние между ними равно r_0, а их скорости в пространстве равны v_1 и v_2. Если влиянием остальных небесных тел пренебречь, то как будут двигаться эти два тела относительно друг друга?

Ньютон, решив эту задачу, доказал, что если одно из тел считать неподвижным, то второе тело может двигаться относительно первого только по одной из трех кривых: эллипсу, параболе или гиперболе.

Известен простой способ, позволяющий вычертить эллипс. Возьмите лист бумаги, положите его на деревянную чертежную доску и воткните в бумагу две булавки или два тонких гвоздика. Между булавками с помощью карандаша натяните нитку, завязанную кольцом, и ведите карандаш по бумаге — карандаш прочертит эллипс. Точки, в которые воткнуты булавки, называются фокусами эллипса; отрезок, проходящий через них и упирающийся в эллипс, — большой осью; а середина этого отрезка — центрами эллипса. Если через этот центр провести другой отрезок, перпендикулярный большой оси и, так



Возможные траектории одного тела (оно не изображено) относительно другого (Земли): окружность, эллипс, парабола, гипербола.

же как и она, упирающийся в эллипс, получим малую ось эллипса.

От расстояния между булавками — фокусами эллипса — зависит его форма. Чем больше расстояние, тем сильнее вытянут эллипс. Наоборот, совместив булавки, мы вычертим окружность. Отношение расстояния между фокусами эллипса к его большой оси называется эксцентриситетом. Для окружности он равен нулю, для других эллипсов он меньше единицы. Причем чем больше эксцентриситет, тем, очевидно, более вытянут эллипс. Размеры же эллипса определяются его осями.

Параболу можно считать эллипсом, один из фокусов которого унесен в бесконечность. Гипербола при прочих равных условиях еще менее искривлена, чем парабола. Как и у параболы, ее ветви уходят в бесконечность, так что, двигаясь по параболе или гиперболе, одно из тел (в ньютоновской задаче двух тел) лишь однажды подходит к другому на кратчайшее расстояние.

Читатель, вероятно, заметил, что между задачей о ньютоновой пушке и задачей двух тел есть некоторое сходство. И там

и здесь орбиты однотипны. Но задача двух тел более общая, чем первая задача. Когда снаряд вылетает из пушки, скорость его всегда горизонтальна, а Земля неподвижна. В задаче двух тел величины, направления начальных скоростей тел, а также расстояние между ними могут быть любыми.

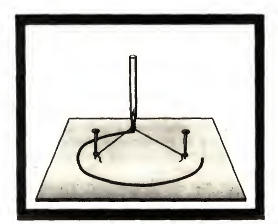
Задача двух тел — основа небесной механики. Еще современник и друг Ньютона астроном Эдмунд Галлей применил ее для вычисления орбиты яркой кометы, названной его именем. Орбита оказалась вытянутым эллипсом, в одном из фокусов которого находится Солнце. Период обращения этой кометы вокруг Солнца равен 76 годам, и ее ближайшее появление в окрестностях Земли ожидается в 1986 году. После Галлея задача двух тел применялась множество раз для вычисления орбит планет, комет, метеоритов и других небесных тел.

Из теоретического решения задачи двух тел вытекают как следствие три знаменитых закона движения планет, открытых по наблюдениям за движением планет еще в начале XVII века немецким астрономом Иоганном Кеплером.

Закон первый. Орбита каждой планеты — эллипс с Солнцем в одном из фокусов.

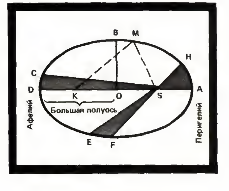
Закон второй. Радиус-вектор планеты, то есть отрезок, соединяющий планету с Солнцем, за равные промежутки времени описывает равновеликие площади. Из этого закона следует, что движение планет неравномерное и чем ближе планета к Солнцу, тем больше ее скорость. Ближайшая к Солнцу точка орбиты называется перигелием, а самая далекая — афелием.

Закон третий. Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся между собой, как кубы их средних расстоя-



Как вычертить эллипс.

Типичная планетная орбита:
S — Солнце, находящееся в одном из фокусов эллипса;
К — другой фокус,
М — планета;
MS — ее радиус-вектор;
МК — расстояние до другого фокуса; заштрихованы площади, описываемые радиус-вектором за одинаковые промежутки времени.



ний до Солнца. Иначе говоря, чем дальше планета от Солнца, тем больше ее период обращения вокруг него.

То, что Кеплер получил чисто опытным путем, из наблюдений за движением планет, Ньютон обосновал теоретически, как неизбежное следствие закона всемирного тяготения. Задача двух тел до сих пор используется теоретиками для приближенного вычисления орбит естественных и искусственных небесных тел.

КОГДА ТЕЛ МНОГО

Стоит только к двум материальным точкам в задаче Ньютона прибавить третью (разумеется, с заданными начальными положением и скоростью), как проблема становится почти неразрешимой. Уточним, что проблема эта состоит в том, чтобы определить взаимное расположение всех трех материальных точек в любой момент времени. При этом, конечно, считается, что никаких других тел в природе не существует и что между материальными точками действуют лишь силы взаимного тяготения.

Сформулированная так «задача трех тел» оказалась очень сложной даже для крупнейших математиков мира. Занимался ею великий Леонард Эйлер (XVIII век), Анри Пуанкаре (XIX век), Карл Зундман (XX век) и многие, многие другие. Она привлекла к себе всех, кто решался проверить на ней силу своего интеллекта. И все же до сих пор общее решение задачи трех тел в приемлемой для вычисления орбит форме не найдено.

Последняя оговорка необходима, так как в 1912 году финский математик Карл Зундман все-таки решил в общем виде задачу трех тел. Но, к сожалению, это решение интересно лишь

теоретикам. Координаты трех тел (то есть числа, характеризующие их положение в пространстве) Зундман представил в виде формул, в левой части которой находятся эти координаты, а в правой — выражения, зависящие от момента времени и величин, определяющих начальные положения и скорости всех трех тел. Сложность не в том, что правые части формул Зундмана содержат бесчисленное множество членов, то есть является тем, что математики называют рядами[1]. Ряды эти чрезвычайно медленно сходятся. Нужно сложить (предварительно вычислив!) очень большое количество членов, чтобы получить значения координат с требуемой на практике точностью.

Чтобы подсчитать, например, координаты трех тел на два месяца вперед с точностью всего 10% (причем для простоты массы трех тел и взаимные расстояния между ними в начальный момент считаются равными), нужно взять число членов ряда, равное 10^{80000} (единица с восемьюдесятью тысячами нулей!). Даже для современных вычислительных машин такая задача непосильна. Да и в космонавтике допустимые ошибки гораздо меньше 10%.

Однако ученые все-таки нашли выход. Заключается он в так называемой *теории возмущений*.

Допустим, что никаких тел, кроме Солнца и Земли, в природе нет, а между ними действует только взаимное тяготение. Получается классическая ньютонова задача двух тел. В этом случае орбитой Земли будет эллипс.

Вообразим теперь, что неизвестно, откуда на своей теперешней орбите появилась еще одна планета, например Марс. Он, естественно, станет притягивать Землю и, конечно, отклонит ее с первоначального эллиптического пути. Такие отклонения астрономы и называют возмущениями. Как бы ни были они малы, в современной небесной механике и космонавтике их учитывать необходимо. Теория, которая позволяет вычислять возмущения в движении естественных или искусственных небесных тел, называется теорией возмущений. С ее помощью, в частности, можно для любого момента времени точно определить положение в пространстве космического летательного аппарата.

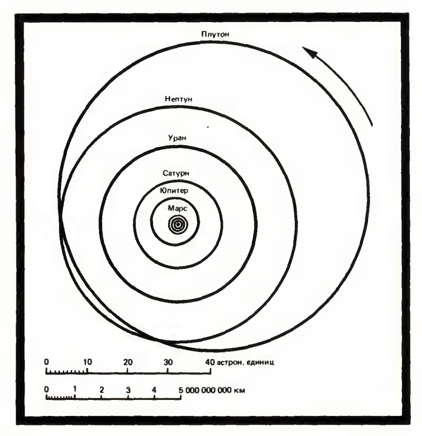
Многие читатели, наверное, подумали, что возмущающее тело (в нашем примере Марс) притянет Землю к себе и наша планета чуть-чуть сместится в направлении Марса. Оказывается, возмущающая сила (и это можно доказать), вообще говоря, не направлена к возмущающему телу, а потому и Земля

---

[1] Простейший пример ряда — сумма членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии.

в нашем примере сместится не к Марсу, а в сторону. Эти странности вызваны сложной игрой нескольких сил — ведь в задаче трех тел каждое из тел взаимодействует с двумя остальными. Более того, величина и направление возмущающей силы непрерывно меняются, и это еще более осложняет вычисление возмущений.

Речь шла о возмущениях, вызванных в движении Земли третьим телом. В действительности Солнечная система состоит не из трех, а из гораздо большего числа тел. В нее, кроме Солнца, входят крупные и малые планеты, метеориты и кометы, разреженное межпланетное газовое и твердое вещество. Все они взаимодействуют друг с другом, но во многих случаях возмущениями (из-за их малости) можно пренебречь. Но под влия-



Орбиты главных планет Солнечной системы. Указан масштаб.

нием взаимных возмущений и форма и положения в пространстве планетных орбит хотя и крайне медленно, но все-таки непрерывно меняются. Некоторые из этих возмущений периодические. Они не выходят за известные пределы и потому не могут вызвать коренные изменения планетных орбит. Другие, вековые возмущения действуют в одном направлении и потому могут вызвать сомнения в устойчивости нашей Солнечной системы.

Вопрос этот волновал многих ученых. Перспектива разрушения Солнечной системы, хотя бы и в очень далеком будущем, не выглядит радостной. Тщательные теоретические исследования показали, что вековым и периодическим возмущениям подвержены лишь такие величины, от которых зависит поворот плоскости орбиты в пространстве. На форму и размеры самой орбиты оказывают воздействие лишь периодические возмущения.

Следовательно, никакие внутренние силы не приведут Солнечную систему к гибели, разрушению. Ее же изолированность в космосе практически гарантирует ей безопасность от внешних воздействий.

О ЛАГРАНЖЕ И ТОЧКАХ ЛИБРАЦИИ

Спустя девять лет после смерти Ньютона, в 1736 году, в Турине в семье местного банковского чиновника родился Жозеф Лагранж. Интерес к математике у него возник очень рано, и уже в семнадцать лет Лагранж был назначен преподавателем Королевской артиллерийской школы в Турине. Через четыре года он основал Туринскую Академию наук, а еще через два года в «Трудах» этой академии были опубликованы многие работы Лагранжа.

Позже этот великий математик на протяжении двадцати лет возглавлял Берлинскую Академию наук. Это был самый плодотворный период в жизни Лагранжа. Почти ежемесячно выходили в свет все новые и новые его работы, причем каждая из них была по существу открытием в математике. Напряженная научная деятельность Лагранжа продолжалась всю его долгую жизнь и прервалась лишь в 1813 году вместе с его смертью.

Жозеф Лагранж пробовал, конечно, решить в общем виде знаменитую задачу трех тел. Но и для него она оказалась непосильной. Однако Лагранж нашел некоторые частные случаи, в которых задача трех тел допускает сравнительно простое решение. Первый из этих случаев заключается в том, что третье тело находится на одной прямой, соединяющей центры двух других тел. Причем не где угодно на прямой, а только

в какой-нибудь из трех вполне определенных точек, называемых прямолинейными точками либрации. Положение этих точек зависит от масс двух основных тел и расстояния между ними.

И еще одно условие: необходимо, чтобы меньшее из двух основных тел по массе не превышало 4% массы большого тела. Если все эти условия выполняются, то, как доказал Лагранж, третье тело (очень малой массы) относительно двух других сохраняет неизменным свое расположение. Иначе говоря, если два главных тела вращаются вокруг общего центра тяжести, расположенного где-то между ними, то третье тело постоянно будет находиться в той точке либрации, куда его поместили. Получается так, как если бы рисунок вращался как целое вокруг гвоздика («центра тяжести»), вбитого между двумя главными телами.

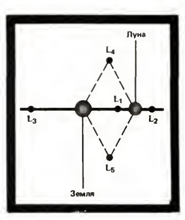
Попробуйте поставить карандаш на его острие так, чтобы он надолго остался в состоянии равновесия. Уверен, что это вам не удастся. А если и удастся, то на какое-то мгновение. Достаточно легкого движения воздуха или любой другой, как угодно малой силы, чтобы вывести карандаш из состояния равновесия. Такого рода равновесие в науке называется неустойчивым.

Доказано, что равновесие третьего тела в одной из прямолинейных точек либрации также будет неустойчивым. Достаточно любого, даже очень малого внешнего воздействия, чтобы третье тело навсегда покинуло любую из трех возможных точек либрации.

Иными свойствами обладают еще две точки, которые были также открыты Лагранжем и названы треугольными точками либрации. Название это вполне оправдано, так как каждая из этих точек вместе с центрами двух основных тел образуют вершины двух равносторонних треугольников. Как и в предыдущем случае, взаимное расположение либрационных точек и основных тел остается неизменным. Но любое третье тело, оказавшись в какой-нибудь из треугольных точек либрации, будет пребывать там в состоянии устойчивого равновесия. Этому телу придется сообщить достаточно большую скорость, чтобы оно навсегда покинуло точки либрации. При меньших же скоростях тело останется в окрестностях точки либрации и будет описывать вокруг нее сложную орбиту.

Чем вызвано существование либрационных точек?

Физики называют гравитационным полем пространство, в котором обнаруживается действие гравитации, то есть тяготения каких-нибудь тел. По закону всемирного тяготения любое тело — книга, стол или звезда — обладает гравитационным полем, которое распространяется на всю Вселенную.



Точки либрации в системе Земля Луна, L_1 L_2 L_3 прямолинейные точки либрации; L_4 L_5 — треугольные точки либрации

Кто-то из современников Ньютона сказал, что, поднимая руку, он отклоняет Луну с ее пути. В самом деле, подняв руку, мы чуть-чуть изменяем форму Земли, а значит, и положение ее центра тяжести. А это в свою очередь тотчас же отзовется (пусть чрезвычайно мало!) не только на движении Луны, но и на движении всех небесных тел.

Всемирное тяготение действительно всемирно. Оно связывает между собой все тела природы. Уже по этой причине космическое пространство нельзя считать пустотой. В этом пространстве «перемешаны» гравитационные поля великого множества тел, поля изменчивые, так как ни одно из космических тел не остается в покое. В невидимом «гравитационном океане» есть и волны, и впадины, и даже своеобразные ямы, попав в которые тело приходит в состояние устойчивого равновесия. Такими «гравитационными ямами» и проявляют себя треугольные точки либрации.

Давно известно, что масса Луны составляет всего 1,2% массы Земли. Значит, условие для устойчивости треугольных точек либрации, о котором говорилось, выполняется. Следовательно, если какой-нибудь космический аппарат поместить в одну из треугольных точек либрации, то он останется там на неопределенно долгое время и будет вместе с Землей и Луной обращаться вокруг их общего центра тяжести.

На практике так, конечно, не получится. Из-за неизбежных ошибок в наведении и управлении космическим аппаратом он попадет не в точку либрации, а куда-нибудь в ее ближайшую окрестность. Да и скорость его при этом хотя и будет небольшой, но все же не равной нулю. Тогда возникает вопрос: как будет двигаться космический аппарат относительно точки либрации?

Многие ученые занимались этим непростым вопросом. И теперь известно, что движение аппарата в окрестностях треугольной точки либрации будет очень сложным, но все же вполне определенным и доступным вычислениям.

Для того чтобы космический аппарат попал в треугольную точку либрации, надо его вывести на очень вытянутую эллиптическую орбиту. Рассчитать ее придется так, чтобы в момент прохождения через апогей аппарат оказался вблизи точки либрации. Когда это сделано, по команде с Земли включается бортовой двигатель, тормозящий аппарат до той скорости, которой обладает точка либрации. Этот маневр смогут, разумеется, провести и космонавты, если корабль будет отправлен в точку либрации. Тогда в космических окрестностях Земли появятся новые, необычные ее спутники.

НЕОБЫЧНЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

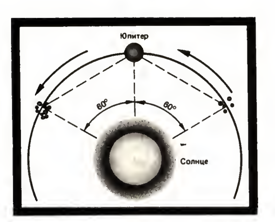
Вряд ли Лагранж предполагал, что найденные им частные решения задачи трех тел осуществляются в природе. Он был прежде всего математик, и его больше всего интересовала теоретическая сторона дела.

В 1807 году совершенно неожиданно была открыта малая планета (или астероид) Ахилл с необычной орбитой. Этот астероид обращается вокруг Солнца почти по орбите Юпитера, крупнейшей из планет, причем Солнце, Юпитер и Ахилл всегда составляют вершины неизменного равностороннего треугольника. Следовательно, Ахилл располагается вблизи одной из треугольных точек либрации в системе Солнце — Юпитер.

Позже открыли и другие малые планеты, движущиеся подобно Ахиллу. Всем им поначалу присваивали имена героев Троянской войны, и потому в астрономической литературе эти астероиды называют троянцами.

К середине нашего века было известно уже пятнадцать троянцев. Десять из них (Ахилл, Гектор, Нестор, Агамемнон, Одиссей и др.) движутся впереди Юпитера, опережая его на 60°. Пять остальных (Патрокл, Приам, Эней, Анхиз, Троил) следуют в своем движении за величайшей из планет. Ныне вблизи троянцев открыты и другие карликовые планеты, подражающие им в своем движении.

Ни один из троянцев не находится строго в точке либрации. Все они описывают вокруг них сложные орбиты, иногда удаляясь на миллионы километров. Орбита Юпитера не является идеальной окружностью. А это также осложняет движение троянцев, среди которых есть сравнительно крупные космические тела. Например, Патрокл имеет в поперечнике 272 *км*,



Солнце, Юпитер и астероиды — троянцы, находящиеся вблизи треугольных точек либрации.

Гектор — 216 *км*, а у восьми других троянцев диаметры превосходят сотню километров. Нет сомнений, что в районе, где они движутся, имеются и гораздо меньшие тела и даже мелкая космическая пыль.

В 1959 году польский астроном З. Кордылевский в окрестностях треугольных точек либрации системы Земля — Луна открыл обширные облака мельчайшей космической пыли. В темные прозрачные ночи их можно различить в виде очень слабосветящихся пятен на фоне ночного неба. Свет этот, рассеянный пылинками, принадлежит Солнцу.

Треугольные точки либрации и в самом деле играют роль гравитационных ям, куда скапливается космическая пыль. Некоторые из этих пылинок при столкновении могут получить скорость, достаточную для того, чтобы навсегда покинуть окрестности точек либрации. Но на их место поступают другие. В результате гравитационные ямы никогда не остаются пустыми, а мелкая пыль в них, как говорят физики, находится в состоянии динамического равновесия («сколько уходит, столько же приходит»).

Еще в 1955 году, за два года до запуска первого искусственного спутника Земли, автор этих строк предложил создать в системе Земля—Луна либрационные спутники Земли[1]. Позже подобные проекты были выдвинуты и за рубежом. Ныне обсуждается всерьез создание в либрационных точках космических поселений.

В треугольных точках либрации уже в обозримом будущем

[1] «Бюллетень Всесоюзного астрономо-геодезического общества» № 21, 1958.

можно, например, поместить заправочные станции для космических кораблей, летящих в дальние рейсы. Здесь же удобно устроить и крупные орбитальные обсерватории с весьма широким кругозором: Луна оттуда будет видна такой же, как с Земли, а Земля — такой же, как с Луны. В окрестностях треугольных точек либрации ни Земля, ни Луна практически почти не загораживают небо, а это большое удобство для изучения, скажем, космических лучей.

Так как все эти искусственные космические аппараты и станции будут снабжены бортовыми двигателями, всегда можно подправить, откорректировать их движения так, чтобы они не ушли из окрестностей либрационных точек. Существование искусственных небесных тел в районе треугольных точек либрации может продолжаться весьма долго.

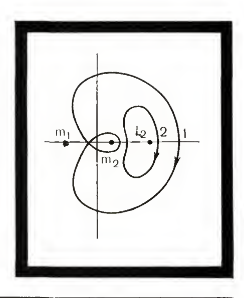
Космонавтике пригодятся и прямолинейные точки либрации. Хотя в них положение космического аппарата неустойчиво, но это досадное обстоятельство удастся поправить включением корректирующих бортовых двигателей Так и карандаш мы можем удерживать на острие, если подправлять рукой его расположение. Иначе говоря, «искусственная устойчивость» заменит естественную.

В той либрационной точке, что находится за Луной, удобно, например, поместить радиоастрономическую обсерваторию — ведь здесь она будет находиться в «конусе молчания», куда от Земли, загороженной Луной, радиоволны не доходят. А без земных радиономех легче изучать слабое космическое радиоизлучение. Из этой либрационной точки удобно изучать и невидимую с Земли сторону Луны.

В точке либрации, находящейся между Землей и Луной, стоит создать промежуточную «пересадочную» станцию для регулярных полетов к Луне. Кстати, из той же точки удобно следить за тем, что происходит на лунной поверхности, — ведь отсюда до Луны «всего» 58 000 *км*. Может быть, на что-нибудь пригодится и пятая, самая далекая от Земли, либрационная точка.

Кроме Лагранжа, были и другие математики, которым удалось найти иные допускающие решения частные случаи задачи трех тел. Такова, например, так называемая ограниченная задача трех тел, решения которой получены в прошлом веке Якоби, Джорджем Дарвином (сыном великого натуралиста) и Анри Пуанкаре. В этой задаче третье тело считается обладающим очень малой массой, а задача состоит в том, чтобы для такого тела найти замкнутые, периодические орбиты.

На рисунке показаны некоторые из таких орбит относительно двух главных тел. Сами тела (например, Земля и Луна) обращаются вокруг общего центра тяжести так, что для внеш-



Возможные орбиты (*1* или *2*) третьего тела относительно двух главных тел с массами m_1 и m_2

него наблюдателя, находящегося, скажем, на Солнце, движение третьего тела покажется очень сложным и запутанным. Что поделать — ведь и здесь складывается сразу несколько движений.

В рассматриваемом случае орбиты охватывают оба тела, так что спутник, обращающийся по таким орбитам, будет периодически сближаться как с одним, так и с другим телом. Заметим, что это утверждение верно лишь для близких, похожих на эллипсы орбит. Внешние же, огромные орбиты по форме близки к окружностям.

Справа на рисунке — две орбиты. Одна из них весьма замысловата и закручена петлей вокруг одного из главных тел. Другая внутри себя и вовсе не имеет ни одного из этих тел, а тело, движущееся по этой орбите, будет обращаться вокруг одной из либрационных точек, как если бы эта геометрическая точка обладала значительной массой.

Все эти орбиты для «необычных» спутников вычислены в предположении, что массы главных тел равны. В других же случаях (например, для системы Земля—Луна) орбиты получаются более сложными, а их вычисление — более трудоемким. Придется ли когда-нибудь запускать космические аппараты на столь замысловатые орбиты, сказать трудно. Мы рассказали о них для того, чтобы еще раз показать сложность задачи трех тел.

ЗВЕЗДА КЭЦ

«Пришлось оторваться от изумительного зрелища Земли. Я посмотрел на звезду КЭЦ и на ракетодром, похожий на большую сияющую Луну. Далеко-далеко, в темных глубинах неба, то вспыхивала, то гасла неведомая красная звездочка. Я догадался: это к ракетодрому приближается с Земли ракета. Вокруг звезды КЭЦ в темном пространстве неба было немало близких звезд. Присмотревшись к ним, я убедился, что они — создание рук человека. Это были «подсобные предприятия», о которых говорил директор; я их еще не знал. Большинство их имело вид светящегося цилиндра, но были и иные формы: кубы, шары, конусы, пирамиды. Некоторые строения имели еще пристройки: от них шли какие-то рукава, трубы, диски, назначение которых не было мне известно. Другие «звезды» периодически испускали ослепительные лучи. Часть «звезд» неподвижна, другая медленно двигалась. Были и такие, которые двигались друг возле друга, вероятно соединенные невидимой проволокой или тросом. Этим вращением, очевидно, создавалось искусственное тяготение».

Надеюсь, что вы уже давно догадались, откуда взят этот отрывок. Александр Беляев, талантливый советский писатель-фантаст, в повести «Звезда КЭЦ» еще несколько десятилетий назад рассказал о вещах, которые и ныне кое-кому кажутся несбыточными. Что же говорить о тех, кто в 30-х годах впервые читал эту повесть? «Головокружительная фантазия, и не больше» — такова была тогда оценка почти всех читателей.

Но и Александр Беляев, и немногочисленные в ту пору энтузиасты межпланетных путешествий были убеждены, что звезда КЭЦ, названная так в честь Константина Эдуардовича Циолковского, не утопия, а технически осуществимая мечта. Когда же именно она станет явью, никто, конечно, ничего определенного сказать не мог.

«Звезда КЭЦ — первая небесная база», — говорит один из героев повести Александра Беляева. И об этой базе, или, говоря современным языком, крупной обитаемой орбитальной станции, автор повести рассказывает так подробно, что временами кажется, будто речь идет о хорошо разработанном техническом проекте.

А ведь по существу так и было. Александр Беляев превратил в увлекательную фантастическую повесть то, что опубликовал К. Э. Циолковский в 1920 году в книге «Вне Земли».

Впрочем, и для своей книги Циолковский, как и Беляев, избрал форму научно-фантастического, оживленного несложным сюжетом повествования. У профессионала-писателя по-

весть получилась увлекательнее, живее. Кроме того, А. Беляев ввел в роман новые фантастические персонажи (например, разумную собаку Джинси). Главное в рассказе у Циолковского — научные, технические идеи.

Как же представлял себе Циолковский устройство «первой небесной базы»?

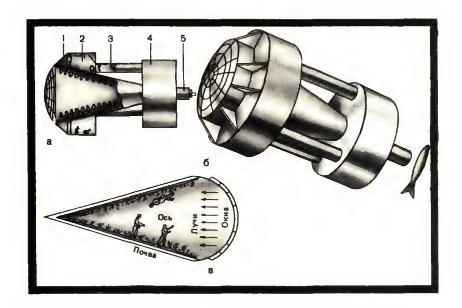
По проекту К. Э. Циолковского эта база — космическая орбитальная станция (КОС) — из-за своих огромных размеров не могла быть сразу, целиком выведена на орбиту. Ее собирали по частям в космосе, куда блоки станции доставлялись грузовыми ракетами. При сборке на орбите поначалу, как считал Циолковский, придется использовать земные материалы. Однако позже, когда строительство в космосе выйдет далеко за космические окрестности Земли, сборку КОС можно будет производить из материала малых планет, астероидов.

Схема устройства первой звезды КЭЦ показана на рисунке. Основная ее часть — коническая оранжерея с огромным прозрачным полукруглым основанием. Солнечные лучи проникают внутрь станции сквозь исполинское окно и дают жизнь ее обитателям и растениям, растущим на искусственной почве по всей конической внутренней стенке станции.

Не удивляйтесь, что растения на рисунке расположены как-то странно: они растут не только с пола вверх, но и с потолка вниз. Ведь понятия верха и низа в космосе условны, относительны. На Земле низом мы называем направление к центру земного шара, а верхом — противоположное. На звезде КЭЦ обстановка иная. Для создания искусственной тяжести станция с помощью бортовых ракетных двигателей приводится в постоянное вращение вокруг ее центральной оси. Возникающая при этом центробежная сила прижимает и людей и растения к стенке станции. Она, эта сила, и заменит в космосе земную тяжесть. Значит, на звезде КЭЦ низом можно считать направление к стенке станции, а верхом — направление к ее центральной оси.

Оранжерея предложена Циолковским вовсе не для создания уюта, воспроизводящего хотя бы чуть-чуть земную обстановку. Растения там будут постоянно очищать воздух, поглощая углекислый газ и выделяя живительный кислород. Они, по мысли Циолковского, помогут космонавтам утилизировать отбросы и, главное, дадут пищу обитателям звезды КЭЦ.

Великий русский ученый прекрасно понимал, что, обживая космос, человек должен принести туда, на космические орбитальные станции, часть земной биосферы, часть живого мира Земли. На каждой из станций придется создать свою крошечную биосферу, со своим круговоротом веществ, или, как теперь говорят, с замкнутым экологическим циклом. Это означа-



Космическая орбитальная станция по проекту К. Э. Циолковского: а) схема ее устройства: *1* — оранжерея; *2* — жилые помещения и лаборатории; *3* — переходы, *4* — вспомогательные помещения, *5* — причал, б) внешний вид станции; в) оранжерея.

ет, например, что, выделяя при дыхании углекислый газ, космонавты питают растения, а растения «обменивают» углекислый газ на кислород. Будет ли круговорот веществ на станции полностью замкнутым, без необходимых отходов, этого Циолковский не знал. Не вполне ясно это и сегодня. Но если станция имеет постоянный контакт с Землей, если на станцию с помощью грузовых космических кораблей будут регулярно перебрасываться полезные грузы, пополняющие неизбежные расходы и вещества и энергии, то нужда в полностью замкнутом цикле, естественно, отпадает.

Интересны предложения Циолковского о том, как регулировать температуру на звезде КЭЦ. Непрозрачную внешнюю оболочку станции он предлагал выкрасить в черный цвет и снабдить блестящими шторками — экранами. Закрывая этими шторками часть зачерненной поверхности, можно уменьшить нагрев станции. Чем большая зачерненная поверхность будет подставлена солнечным лучам, тем выше будет температура на звезде КЭЦ.

По мысли Циолковского, все помещения станции герметически изолированы друг от друга. В этом случае повреждение

одной части станции (если, например, ее пробьет метеорит) не приведет к гибели всей станции — космонавты смогут перейти в другую, неповрежденную ее часть.

Для выхода космонавтов в космическое пространство Циолковский предусмотрел специальный шлюз. Предполагалось, что космонавты воспользуются им для осмотра внешней оболочки станции, для ремонта ее деталей, для установки в космосе рядом со станцией связанных с ней дополнительных аппаратов и сооружений. Шлюз необходим и для приема грузов, прибывших с Земли, и для смены экипажей станции.

Циолковский нашел и правильное решение энергетических проблем звезды КЭЦ. Солнце — вот главный источник энергии для всего космического хозяйства станции. Циолковский подробно описал устройство будущих солнечных энергетических установок. Кстати сказать, не только для космических орбитальных станций, но и для будущей промышленности Земли солнечная энергия, по твердому убеждению Циолковского, должна стать главной энергетической базой человечества.

Сооружение солнечных установок в космосе где-нибудь по соседству со звездой КЭЦ Циолковский считал очень трудной, но технически все же выполнимой задачей. Он разработал проекты особых скафандров для выхода в открытый космос — ведь без таких костюмов никакая сборка, никакое строительство крупных сооружений в космосе просто невозможны. В скафандрах же космонавты-строители создадут и орбитальную солнечную энергетическую станцию, и любые другие подсобные устройства для обслуживания звезды КЭЦ.

Размеры первой «небесной базы» представлялись Циолковскому весьма внушительными — длина ее должна быть не меньше 500 м. В других же вариантах проекта космическая оранжерея достигает в длину одного километра!

Читаешь сегодня научно-фантастическую повесть Циолковского «Вне Земли» и дивишься его прозорливости. Ведь он предусмотрел часто в деталях такие устройства, которые встречаются лишь в перспективных планах современной космонавтики! Другие же идеи Циолковского давно уже воплощены в жизнь.

КОСМИЧЕСКОЕ КОЛЕСО

В первые послевоенные годы, часто читая в Московском планетарии лекции о межпланетных путешествиях, я пользовался диапозитивами, представляющими собой копии с рисунков из книги немецкого инженера Германа Ноордунга «Проблема путешествия в мировом пространстве». Эта небольшая книга была издана впервые еще в 1929 году, то есть в год

открытия Московского планетария. Видимо, в ту же пору с нее скопировали диапозитивы, пережившие и суровые военные годы.

Удивляться этому не приходится. Сегодня в магазинах и библиотеках легко найти литературу по космонавтике. А тогда, во второй половине 40-х годов, все книги о межпланетных путешествиях были наперечет, да и общее их число не превышало десятка. Среди них самой популярной была выдержавшая несколько изданий книга Я. И. Перельмана «Межпланетные путешествия».

На первых страницах книги Ноордунга помещен любопытный рисунок. Центральная ярко освещенная площадь какого-то крупного города. Толпы любопытных горожан, плотно окружающие громоздкую эстакаду. А с этой наклонной эстакады прямо в космос отправляется трехступенчатая космическая ракета. Так себе представляли старт космических кораблей еще 40—50 лет назад!

Казалось бы, при таких наивных иллюстрациях и содержание книги Ноордунга не могло быть серьезным. Но это не так. Несмотря на общедоступное, сознательно упрощенное изложение, эта книга содержит много интересных технических идей. А главное, в ней изложен проект крупной орбитальной космической станции в виде огромного колеса.

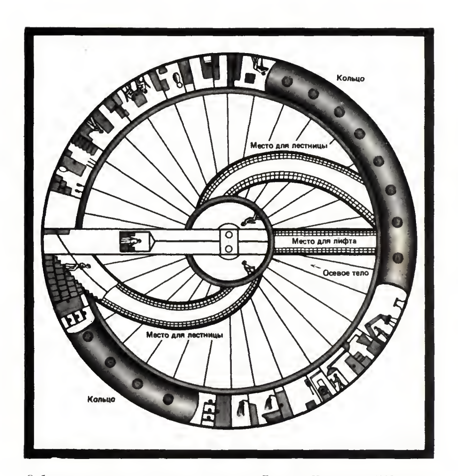
Похожая на бублик космическая станция состоит из трех основных частей: жилого помещения, обсерватории и, как пишет Ноордунг, машинного отделения. Комнаты для работы и отдыха космонавтов располагаются внутри самого «бублика». Так как по проекту Ноордунга космическое колесо постоянно вращается вокруг своей центральной «втулки», внутри жилых помещений действует искусственная тяжесть, прижимающая обитателей станции и все предметы к внешнему ободу колеса.

Не обязательно, чтобы искусственная тяжесть в точности равнялась земной. Ее можно сделать и чуть поменьше — для этого достаточно лишь медленнее вращать колесо. Нетрудно подсчитать, что при диаметре колеса в 30 м и скорости вращения один оборот за 8 секунд искусственная тяжесть, создаваемая за счет центробежной силы, становится равной земной. При меньшей скорости вращения и она уменьшится. Верхом станции будет направление к ее «втулке», низом — противоположное направление.

«Комнаты, расположенные вдоль колеса, — пишет Ноордунг, — имеют выход в коридор. Там помещаются спальни, столовые, кабинеты, лаборатории, мастерские, кухни и т. д. Все это оборудовано по последнему слову науки. Жилое помещение надземной станции мало чем отличается от жилья на Земле».



Так представляли старт космических кораблей полвека назад.



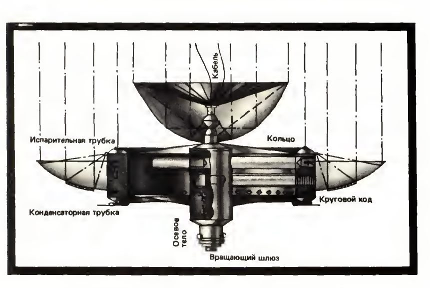
Орбитальная станция — колесо по проекту Германа Ноордунга (1929 год).

Наоборот, в цилиндрической «втулке», соединенной с колесом специальными лестницами, искусственная тяжесть так мала, что здесь практически царит невесомость. «Втулка» снабжена шлюзом для выхода в космическое пространство, причем Ноордунг приводит в своей книге подробную техническую схему такого шлюза. С другой стороны «втулки» укреплена солнечная энергетическая установка. Солнечные лучи в ней с помощью зеркала концентрируются на паровой турбине, которая приводит в действие электрический генератор. От него по кабелю электрический ток идет на станцию, где его исполь-

зуют для освещения, нагрева помещений, работы приборов и других целей. Здесь же. во «втулке», кроме машинного отделения, размещается и астрономическая обсерватория.

Рядом со станцией Ноордунг предлагал поместить исполинские парящие зеркала. Диаметры их (около 100 км!) даже сегодня потрясают наше воображение. Ноордунг полагал, что каждое такое зеркало обойдется в 1,5 миллиарда рублей золотом и на создание его уйдет лишь 15 лет. Когда зеркала появятся на околоземных орбитах, то, как пишет Ноордунг, «удалось бы ночью осветить солнечными лучами морские и воздушные гавани, вокзалы и даже целые города; какое количество угля удалось бы сэкономить! Большие зеркала позволили бы сделать обитаемым дальний север, освободить от льда гавани далекой Сибири, Шпицбергена, влиять на погоду и т. д.». Но тут же этот немецкий инженер добавляет, что зеркала можно использовать и в военных целях — сжигать концентрированными солнечными лучами военные заводы, промышленные районы и даже целые города. Марширующие или отдыхающие войска будут превращены в уголь, как только их коснется мощный поток солнечных лучей, не останется и следа от гигантских дредноутов. Это будут поистине «лучи смерти».

Вот еще когда, на заре космонавтики, некоторые зарубежные деятели науки стали вслух размышлять о военном исполь-



Энергетическая солнечная установка станции-колеса «Втулка». Станция (осевое тело) и другие ее части показаны в разрезе.

зовании космоса! Как это отличается от светлых, проникнутых великой любовью к человечеству проектов Циолковского, великого гуманиста и врага всяческих войн!

Редакция, которая перевела книгу Ноордунга на русский язык, в этом месте сделала такое важное примечание:

«К счастью для человечества, война не представляет такое обязательное явление, как это кажется автору. Технике будет под силу разрешать грандиозные задачи вроде намечаемой автором постройки межпланетной станции... Но о войне тогда будут вспоминать как о мрачном явлении предыстории человечества».

Хотя все это было сказано в середине 30-х годов, но и сегодня можно смело утверждать, что освоение космоса возможно и допустимо только в мирных целях. Некоторые современные проекты, перекликающиеся с «лучами смерти» Ноордунга, никогда не должны стать реальностью.

Во всем остальном проект космического колеса и интересен, и в принципе вполне осуществим. Звезда КЭЦ и космическое колесо — это лишь первые, но, конечно, далеко не единственные проекты крупных орбитальных станций. Уже в них видны основные идеи и даже конструктивные черты всех дальнейших предложений по освоению ближнего космоса.

ПЛАН ЦИОЛКОВСКОГО

В 1920 году все в той же повести «Вне Земли» Циолковский устами одного из героев утверждает, что в космосе «жилища будут так же однообразны, как и одежда: строить их будут для миллиардов людей». Иначе говоря, звезду КЭЦ великий ученый, по-видимому, считал типовым проектом для массового строительства орбитальных станций.

В наши дни можно и не согласиться с Циолковским. Унылое однообразие космических жилищ не лучше, чем обилие стандартных земных поселений. Оно некрасиво и способно вызвать лишь отрицательные эмоции. Скорее всего и космическая, и земная архитектура будущего найдет разнообразные решения, и наряду с требованиями удобства жилищ она не забудет и о требованиях красоты. А главное, из этих требований — добиваться единства во многообразии.

Обратите внимание на другое. Циолковский предлагал расселять в космических окрестностях Земли миллиарды людей. Для этого потребуется, очевидно, множество орбитальных станций, постепенно объединяющихся между собой.

«К первой колонии скоро присоединилась другая, третья и т. д., — пишет Циолковский в повести «Вне Земли». — Они сообщаются между собой свободными переходами, но с герме-

тически закрывающимися люками, чтобы в случае порчи оболочки какой-нибудь оранжереи или ее разрушения болидом газ не ушел зараз из многих отделений... Несколько сотен колоний составят новую, высшую единицу».

Постепенно, считал Циолковский, наращивая все новые и новые «космические жилища» к первым орбитальным станциям, человечество в конце концов создаст в окрестностях Земли огромные космические поселения, «эфирные города».

Но этим космическая деятельность человечества не ограничится. Циолковский предлагает «новые поселения понемногу переводить в пространство между орбитами Земли и Марса. Они переполнены богатейшим строительным материалом — говорю про очень малые планеты, невидимые с Земли. Когда число колоний достаточно умножится, то они развернут там свою промышленность; станут сами строить свои жилища и не будут уже нуждаться в поддержке Земли».

Циолковский был убежден, что человек — не случайный и редкий гость на космических телах, а хозяин и на Земле и в космосе. Расселение человечества в бесконечных просторах Вселенной Циолковский считал неизбежным, вполне закономерным этапом в развитии человечества. При этом освоение космоса он не мыслил себе без развития там, в космосе, космической промышленности. Поначалу связанные с Землей, «эфирные города», постепенно удаляясь в космос, становятся все более и более независимыми от нашей планеты поселениями людей. Космос неизмеримо богат и веществом и энергией, так что нужда в земных ресурсах постепенно иссякнет.

Циолковский был убежден, «что человечество в космосе не одиноко, что есть множество других, внеземных цивилизаций. И все разумные обитатели космоса рано или поздно покидают свою планетную колыбель, чтобы расселяться в окрестностях своей планеты и активно при этом переделывать космос в соответствии со своими нуждами».

Вот это активное вмешательство разумных существ в жизнь космоса, перестройка космоса в масштабах, которые также можно назвать космическими, сегодня называется космической инженерией или, более коротко, — астроинженерией. Родоначальником этих идей, как и многих других, был Константин Эдуардович Циолковский.

Еще в начале текущего века он так писал редактору журнала «Научное обозрение»:

«Я разработал некоторые стороны вопроса о поднятии в пространство с помощью реактивного прибора, подобного ракете. Математические выводы, основанные на научных данных и много раз проверенные, указывают на возможность с помощью таких приборов подниматься в небесное пространство



Основоположник космонавтики Константин Эдуардович Циолковский.

и, может быть, обосновывать поселения за пределами земной атмосферы. Пройдут, вероятно, сотни лет, прежде чем высказанные мною мысли найдут применение, и люди воспользуются ими, чтобы расселиться не только по лицу всей Земли, но и по лицу всей Вселенной».

Жизнь вскоре показала, что космическая эра не так далека, как думал Циолковский. И тогда, в 1926 году, в книге «Исследование мировых пространств реактивными приборами» он предложил следующий план постепенного освоения космоса:

«Мы можем достигнуть завоевания Солнечной системы очень доступной тактикой. Решим сначала легчайшую задачу: устроить эфирное поселение поблизости Земли, в качестве ее спутника на расстоянии 12 000 *км* от поверхности, вне атмосферы... Поселившись тут устойчиво, получив надежную и безопасную базу, освоившись хорошо с жизнью в эфире, мы уже более легким путем будем изменять свою скорость, удаляться от Земли и Солнца, вообще разгуливать, где нам понравится».

Уже первые космические поселения, по мысли Циолковско-

го, должны иметь жилища «безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы». Причем все такие жилища из-за громоздкости и других причин не могут целиком доставляться на орбиты. Грузовые космические корабли доставляют в район строительства отдельные блоки жилищ, монтаж же их происходит непосредственно в космосе.

И далее Циолковский пишет:

«Вокруг Земли устанавливаются обширные поселения. Используют солнечную энергию не только для питания и удобств жизни (комфорта), но и для перемещения по всей Солнечной системе. Основывают колонии в поясе астероидов и других местах Солнечной системы, где только находят небольшие небесные тела. Развивается промышленность, и размножаются невообразимо колонии...

Наконец, население Солнечной системы делается в сто тысяч миллионов раз больше теперешнего земного. Достигается предел, после которого неизбежно расселение по всему Млечному Пути».

Дух захватывает от этого грандиозного космического «Плана Циолковского». И может ли кто-нибудь сегодня с уверенностью утверждать, что он неосуществим, если первые пункты плана уже становятся реальностью?

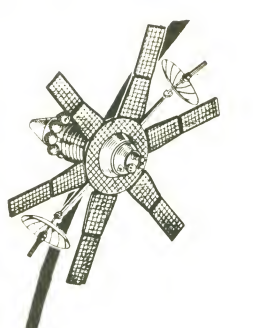
Упомянем еще одну важную идею Циолковского. Чуждый человеконенавистническим высказываниям некоторых его современников о неизбежности войны, он был убежден, что мир и содружество необходимы не только между людьми и государствами, но и между всеми разумными обитателями Вселенной. В статье «Живые существа в Космосе» Циолковский пишет:

«Каждая планета с течением времени объединяется, устраняет всё несовершенное, достигает высшего могущества и прекрасного общественного устройства... Объединяются также ближайшие группы солнц, млечные пути, эфирные острова и т. д. Представители этих общественных единиц восходят все выше и выше по степени совершенства... Их высокие качества трудно вообразимы».

Рано или поздно Разум должен овладеть Вселенной — вот основная мысль Циолковского, которой подчинены все его замыслы, все его работы.

Дальнейший рассказ посвящен тому, как воплощается в жизнь «План Циолковского», что́ уже сделано, а что еще предстоит сделать нам и нашим потомкам. Огромная заслуга в осуществлении «Плана Циолковского» принадлежит советским ученым и техникам. Человечество всегда будет помнить Сергея Павловича Королева, первого конструктора космических кораблей, ставшего ныне почти легендарным. Выдающий-

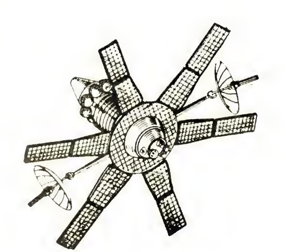
ся организатор и талантливый ученый, академик С. П. Королев на протяжении многих лет направлял работу больших конструкторских коллективов. Все первые достижения советской космонавтики связаны с именем С. П. Королева. Его имя увековечено и в космосе: одному из крупнейших кратерных образований — талассоиду на обратной стороне Луны присвоено имя выдающегося основоположника практической космонавтики.



ИСКУССТВЕННЫЕ ЛУНЫ

**То, что казалось несбыточным
на протяжении веков,
что вчера было лишь дерзновенной
мечтой, сегодня становится
реальной задачей,
а завтра — свершением.**

С. П. Королев



САМЫЙ ПЕРВЫЙ

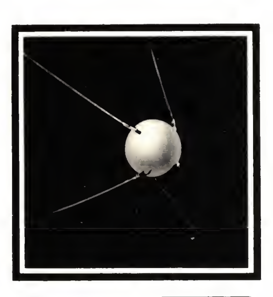
Около четверти века назад на космическую орбиту советские ученые и инженеры вывели первый искусственный спутник Земли. Какой всеобщий интерес, какое ликование вызвало сообщение об этом событии! Газеты и журналы наперебой сообщали о подробностях запуска, особенностях спутника, его значении для науки. В трамваях и метро, на улицах и в магазинах, в театрах и библиотеках — буквально всюду только и говорили о спутнике. Срочно выпустили в продажу сувениры и игрушки, изображающие первую искусственную луну. Особенный восторг вызвали модели, которые попискивали, подражая радиосигналам спутника.

Но человек ко всему привыкает. Ныне спутником вряд ли кого удивишь. Газетные сообщения об очередном запуске, например, тысячного спутника серии «Космос» были восприняты совершенно спокойно.

Когда-нибудь наши потомки будут относиться к созданию орбитальных городов так же буднично и невозмутимо, как сегодня мы реагируем на запуск очередного спутника. Но чтобы понять смысл научного прогресса и разобраться в перспективах дальнейшего развития науки, надо помнить, что на многочисленных искусственных спутниках Земли — искусственных лунах — отрабатывались техника и методы создания будущих «эфирных городов».

4 октября 1957 года по праву вошло в историю как начало космической эры. В тот день с космодрома Байконур мощная ракета-носитель вывела на околоземную орбиту первый искусственный спутник Земли.

Чтобы создать необходимую для маленькой искусственной луны ракету-носитель, потребовалась не только долголетняя



Первый искусственный спутник Земли (1957 год)

работа многих научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро. Советские ученые и конструкторы во главе с Сергеем Павловичем Королевым опирались на теоретический опыт знаменитых пионеров космонавтики: Циолковского, Кибальчича, Цандера — всех тех, кто и у нас в стране, и за рубежом на протяжении десятилетий создавал ракетную технику.

Выведение спутника на орбиту — сложная задача. Если направить ракету-носитель строго по вертикали до выхода за пределы атмосферы, то потери ее скорости от сопротивления воздуха будут наименьшими. Зато при этом становятся наибольшими так называемые гравитационные потери, то есть расход топлива на быстрое преодоление тяготения Земли.

При горизонтальном запуске гравитационные потери, наоборот, минимальны, но зато потери от сопротивления воздуха намного возрастают — ведь в этом случае приходится преодолевать значительную толщу атмосферы.

Вот и приходится при запуске искать, как говорят, оптимальную, наилучшую траекторию ракеты, чтобы потери ее скорости от разных причин получились минимальными.

Ракета-носитель первого спутника сначала поднялась вертикально, а затем по мере набора высоты она с помощью специальных средств управления стала медленно поворачиваться в сторону поверхности Земли. В тот момент, когда спутник отделился от ракеты на орбиту, полет ракеты стал близок к горизонтальному.

Выгодно на конечном этапе запуска направить ракету-носитель так, чтобы использовалось при этом вращение Земли. Все тела на земном экваторе обращаются вокруг центра Земли со скоростью около трети километра в секунду. На широте Байконура эта скорость меньше, на полюсах Земли она равна нулю. Так что чем ближе к экватору космодром, тем больше та дополнительная скорость, которую сообщает ракете вращение Земли. Но и в любом другом случае в целях экономии топлива эту скорость стараются использовать, направляя выводимый спутник если не прямо на восток (ведь в эту сторону вращается Земля), то хотя бы отчасти в сторону востока (например, на северо-восток).

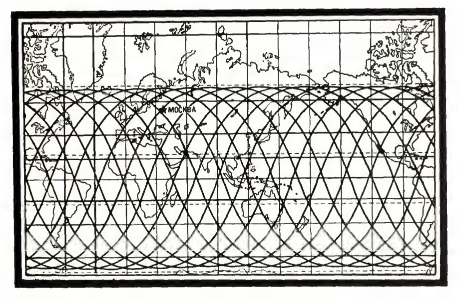
Плоскость орбиты первого спутника составляла с плоскостью земного экватора угол, близкий к 65°. Это значит, что его легко могли наблюдать жители всех стран, географическая широта которых (и южная и северная) не превосходила 65°. Практически эта зона видимости лежит между двумя полярными кругами.

Орбита первой искусственной луны не была круговой. Спутник обращался вокруг Земли по вытянутому эллипсу, самая близкая к Земле точка которого (перигей) имела высоту 228 *км*, а самая далекая (апогей) — 947 *км*. Период обращения (96,2 *мин.*) спутника вокруг Земли был близок к полуторам часам. Начальная же скорость при выходе на орбиту составляла почти 8 *км/сек*.

Назовем проекцией спутника на земную поверхность ту точку, которая получается при пересечении с этой поверхностью отрезка, соединяющего спутник с центром Земли. Кривая, которую описывает проекция спутника на земной поверхности, называется трассой спутника. Ее форма определяется сочетанием двух движений — вращения Земли вокруг оси и движением спутника по его орбите. В результате сложения этих двух движений получается волнообразная кривая, «зажатая» между двумя полярными кругами. Легко сообразить, что почти во всех районах, где наблюдался первый спутник, его полет был направлен или к северо-востоку, или к юго-востоку. Лишь в крайних точках трассы, близких к полярным кругам, спутник двигался строго на восток.

За полетом спутника следили миллионы землян. В виде маленькой звездочки спутник быстро двигался по небосводу, рассеивая солнечный свет, как настоящая Луна. Лишь тогда, когда спутник входил внутрь конуса земной тени, он мгновенно пропадал из виду — наступало полное затмение крошечной искусственной луны.

Первый искусственный спутник Земли представлял собой металлический шар поперечником 58 *см* и весом 83,6 *кг*. На



Проекция орбиты спутника на земную поверхность.

внешней поверхности шара были укреплены четыре штыревые антенны длиной от 2,4 до 2,9 *м*. Аппаратура и источники электропитания находились внутри герметического корпуса.

Радиопередатчики спутника работали на волне 15 и 7,5 *м*, а радиосигналы, ими посылаемые, и в самом деле напоминали попискивание. Миниатюрная радиостанция была рассчитана на работу в течение трех недель. Сам же спутник просуществовал около трех месяцев. В начале января 1958 года он вошел в плотные слои атмосферы и сгорел, как обычная падающая звезда.

При всей простоте конструкции первый искусственный спутник Земли впервые позволил измерить плотность верхней атмосферы, получить новые данные о прохождении радиоволн из космоса через ионосферу. На этом первенце космонавтики была проверена космическая техника, готовая к новым свершениям.

ЕСЛИ БЫ ЗЕМЛЯ БЫЛА ТОЧКОЙ

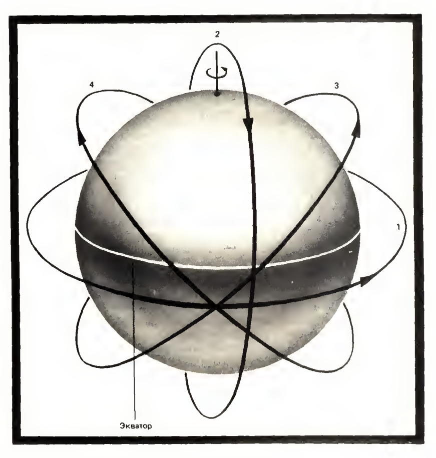
Стараясь объяснить какое-либо природное явление, ученые в своих теоретических схемах обычно упрощают действительность. Такие действия неизбежны, так как любое явление природы бесконечно сложно, как неизмеримо сложна и бесконечно многообразна вся Вселенная. Поэтому приходится изучать мир путем последовательных приближений к истине. Сначала берется совсем грубая, очень приближенная схема явления и решается задача в простейшем варианте. Потом, если задача успешно решена, ее усложняют, то есть берут следующее, более точное второе приближение. Этот процесс последовательных приближений стараются продолжить и дальше. Так, собственно, и развивается наука.

Чтобы вычислить орбиты искусственных спутников Земли в первом, самом грубом приближении, придется посчитать Землю материальной точкой.

Так как даже при богатом воображении представить Землю в виде точки трудно, можно считать, что Земля — идеальный шар, всюду одинаково плотный и по размерам близкий к настоящей Земле. Допустив это, выясним, какими могут быть орбиты искусственных спутников Земли.

Так как земной шар окутан атмосферой, выведение спутника на орбиту можно производить лишь с таких высот, где плотность воздуха неощутимо мала. Хотя, судя по показаниям различных приборов, следы земной атмосферы заметны даже на высоте 1,5—2 тысячи километров, уже с высоты около 200 *км* наступают условия, равноценные мировому пространству. На такой высоте небо всегда черное (или, точнее, темно-фиолетовое), оно усыпано множеством звезд, и на фоне звездного неба ослепительно ярко сияет Солнце. Странная, необычная картина, которую можно назвать и звездным днем и солнечной ночью! Главное же, что на высоте 200 *км* и выше воздух достаточно разрежен, для того чтобы с таких высот можно было запускать спутники на их околоземные орбиты. Напомним, что первый искусственный спутник Земли был выведен на орбиту с высотой в перигее 228 *км*.

Каждая эллиптическая орбита спутника характеризуется ее параметрами, то есть определяющими ее величинами. От одних параметров зависит положение плоскости орбиты в пространстве, от других — ее форма, размеры, расположение, а также положение спутника на орбите в данный момент времени. Какой будет орбита, полностью зависит от условий запуска: от высоты, с которой произведен запуск, направления и величины начальной скорости.



Типы орбит спутников Земли: 1 — экваториальная; 2 — полярная; 3 — прямая; 4 — обратная.

Допустим, что спутник с некоторой высоты выводится на орбиту в горизонтальном направлении, то есть в направлении, перпендикулярном направлению к центру Земли. Можно доказать, что в любом случае и для любого спутника плоскость его орбиты проходит через центр Земли. Форма же и размеры орбиты в нашей задаче будут полностью зависеть от начальной скорости спутника.

На каждой высоте есть своя круговая скорость. У поверхности Земли она равна, как уже говорилось, 7,9 *км/сек.* С увеличением высоты и одновременным ослаблением тяготе-

ния Земли круговая скорость уменьшается. Если спутнику сообщена горизонтальная круговая скорость (для данной высоты), то и орбитой его, конечно, будет окружность, центр которой совпадает с центром Земли. У такой орбиты и перигей и апогей, очевидно, совпадают.

При скорости запуска, большей (или меньшей), чем круговая, орбита спутника станет эллиптической. При этом эллипс получится тем большим и тем более вытянутым, чем больше величина начальной скорости. Перигей любой из этих эллиптических орбит совпадает с точкой выведения спутника на орбиту, а апогей будет тем выше, чем больше начальная скорость.

Теоретически можно, конечно, «вытягивать» эллипсы до бесконечности или, точнее, до тех пор, пока начальная скорость не станет почти в полтора раза (точнее, в 1,41) больше круговой. Тогда эллипс превратится в параболу (а при большей скорости — в гиперболу) и никакой замкнутой орбиты для спутника не получится. Практически же дело обстоит иначе. Если апогей орбиты спутника подойдет к Луне (или лунной орбите) ближе, чем на 66 000 *км*, притяжение Луною спутника станет достаточно заметным и спутник Земли в некоторых ситуациях рискует быть захваченным Луной. Чтобы этого не случилось, апогей орбит спутников стараются поместить по возможности дальше от опасной зоны.

Но все-таки для некоторого рода спутников (например, спутников связи) вытянутые эллиптические орбиты просто необходимы. Поэтому апогеи таких спутников удалены от Земли на десятки тысяч километров. Для сравнения напомним, что среднее расстояние от Земли до Луны равно 384 403 *км*.

Чем больше полуось эллиптической орбиты спутника, тем больше и период обращения спутника вокруг Земли. С современными техническими средствами давно уже удалось некоторые спутники вывести на круговые орбиты радиусом около 36 000 *км*. При таком радиусе период обращения спутника становится равным звездным суткам, то есть промежутку времени полного оборота Земли вокруг оси. Такие спутники принято называть суточными.

Если плоскость орбиты суточного спутника совпадает с плоскостью земного экватора, спутник называют стационарным. Такой спутник на самом деле постоянно будет висеть над одной и той же точкой земного экватора. Здесь, правда, надо оговориться, что Земля при этом считается материальной точкой.

Интересны спутники, запущенные в плоскости какого-нибудь меридиана. Такие спутники в разное время можно наблюдать в любой точке земного шара. С другой стороны,

экваториальные спутники, орбиты которых лежат в плоскости земного экватора, очевидно, никак нельзя увидеть с полюсов Земли.

Трассы спутников зависят от их орбиты. Например, трасса любого стационарного спутника есть точка. Трассы суточных спутников с круговыми орбитами, не лежащими в плоскости земного экватора, напоминают замысловатые восьмерки. Петлеобразные трассы могут быть и у других искусственных спутников Земли.

Если бы Земля была материальной точкой, то все ее искусственные спутники имели бы неизменные эллиптические орбиты (либрационные спутники в счет тут не идут). Множество эллипсов, больших и малых, по-разному вытянутых и расположенных, но неизменных во времени,—таково было бы семейство спутниковых орбит. Но Земля, увы, не материальная точка, а потому на самом деле все обстоит гораздо сложнее.

СПУТНИКИ ВОЗМУЩАЮТСЯ

Когда говорят, что Земля шар, то имеют в виду лишь первое, самое грубое приближение к действительности. Во втором приближении наша планета — сплюснутый шар, или, точнее говоря, эллипсоид вращения. Такое тело можно получить, вращая эллипс вокруг его малой оси. Хотя экваториальный радиус Земли всего на 21 *км* больше полярного радиуса, экваториальная «выпуклость» Земли заметно влияет на движение спутников.

Представьте себе спутник, обращающийся по круговой орбите вокруг Земли в плоскости ее экватора. Чем более сплюснута Земля, тем ближе ее экваториальная «выпуклость» к спутнику и тем быстрее (из-за возросшего тяготения) он будет обращаться вокруг Земли.

Если же плоскость орбиты спутника наклонена к плоскости экватора, эффект получится иной. Экваториальная «выпуклость» в этом случае будет «стараться» перевести спутник в плоскость экватора, но из-за движения спутника этого произойти не может. В результате постоянного сочетания того и другого плоскость орбиты спутника начнет поворачиваться в пространстве, сохраняя, впрочем, прежний наклон к земному экватору. Если представить себе прямую, проходящую через центр Земли перпендикулярно плоскости орбиты спутника, то эта прямая будет описывать в пространстве коническую поверхность.

Такое движение плоскости орбиты называется прецессией. Оно напоминает прецессию оси волчка, которая возникнет, если привести волчок во вращение и затем щелкнуть по его оси.

Есть, правда, исключения: полярные орбиты, плоскости которых совпадают с плоскостью какого-нибудь меридиана, прецессии не подвержены — их положение в пространстве неизменно.

Для низких круговых орбит прецессия получается самой большой — примерно 9° в сутки. Чем выше орбита, чем больше ее радиус, тем меньше на нее влияет сплюснутость Земли. Это и понятно: с больших расстояний слегка сплюснутая Земля почти неотличима от шара.

В некоторых экспериментах размеры орбиты и ее прецессию подбирают так, чтобы спутник постоянно освещался Солнцем, никогда не заходя в земную тень. Таким, как говорят, синхронно-солнечным спутником был, например, спутник «Серт-2», на котором работали двигатели, питаемые солнечными батареями.

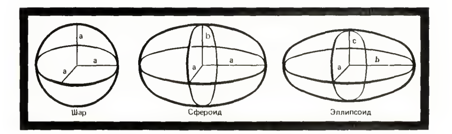
У экваториальных спутников, орбиты которых лежат в плоскости земного экватора, также отсутствует прецессия. Сжатие же Земли сказывается лишь на периоде их обращения, уменьшая его.

Расчеты, подтвержденные наблюдениями, показывают, что всякий раз при пересечении плоскости земного экватора, плоскость орбиты спутника как бы «вздрагивает», слегка изменяя свой наклон к экватору. Однако эти «вздрагивания», совершаемые дважды за один оборот спутника, друг друга полностью компенсируют, так что в целом наклон орбиты спутника к плоскости земного экватора остается неизменным.

Строго говоря, не только меридианы Земли, но и ее экватор являются эллипсами. Так что в третьем приближении Земля представляет собой тело, называемое трехосным эллипсоидом. Хотя наибольший экваториальный радиус от наименьшего отличается всего на 212 *м*, и на это различие спутники реагируют, изменяя в полете соответственно скорость движения.

Известно, однако, еще одно, четвертое, приближение к истинной фигуре Земли, так называемый геоид. Под этим термином понимают ту форму, которую приняла бы Земля, полностью залитая океаном. Оказывается, по своей форме геоид отличается и от шара, и от сфероида, и от трехосного эллипсоида. Изучением геоида занимается особая наука — геодезия, тесно связанная с картографией.

Все эти отступления Земли от шарообразной формы возмущают движения спутников, и любые их орбиты никогда не остаются неизменными. У большинства из них заметно меняется и форма орбит, и их расположение в пространстве. Возмущенные Землей, спутники обращаются вокруг нее по непрерывно меняющимся, как бы «дышащим» орбитам. Зная форму Земли (в каком-нибудь приближении), можно с помощью ЭВМ



Три приближения к истинной форме Земли: шар, сфероид, эллипсоид.

вычислять с любой степенью точности движение спутников. Но возможна и обратная задача — по еле заметным, но не объясненным до этого возмущениям в движении спутников уточнить детали в облике, форме Земли и ее строении.

Именно так по неправильностям в движении крохотного американского спутника «Авангард-1» удалось доказать, что Земля несимметрично сплюснута к своему экватору — Северный полюс находится на 15 *м* дальше, а Южный на 15 *м* ближе к центру Земли, чем полюсы симметрично сплюснутого земного шара. Иначе говоря, в пятом приближении Земля напоминает что-то вроде исполинской груши.

Спутники чутко реагируют даже на неоднородности земной коры. Пролетая, например, над плотными залежами полезных ископаемых, спутник ускоряет свой полет, так как тяготение (из-за повышенной плотности пород) здесь сильнее, чем в другом месте. Наоборот, над пустотами в земной коре спутник летит замедленно. Таким образом, спутники выступают в необычной для себя роли разведчиков земных недр.

На движение спутников Земли влияет и Луна и Солнце, причем возмущения, вызываемые Луной, примерно вдвое больше солнечных. До высоты 20 000 *км* этими возмущениями вполне можно пренебречь — здесь важнее возмущения, вызываемые отличиями Земли от «материальной точки». От 20 000 *км* до высоты 50 000 *км* и те и другие возмущения примерно одинаковы. Зато выше 50 000 *км* больше всего спутники «возмущены» Солнцем и Луной.

И Луна и Солнце непрерывно изменяют орбиту спутника — и ее форму, и размеры, и положение в пространстве. Может случиться и так, что перигей орбиты спутника под влиянием лунно-солнечных возмущений станет таким низким, что спутник быстро завязнет в атмосфере и упадет на поверхность Земли. А может получиться и так, что, медленно «оттягивая» апогей подальше в космос, Луна и Солнце в конце концов

оторвут спутник от Земли и превратят его в искусственную планету.

Этого стараются избежать, и орбиты спутников выбирают такие, чтобы спутник возможно дольше выполнял возложенные на него задачи.

Свет, как известно, оказывает давление на освещенные предметы. В земной обстановке световое давление пренебрежимо мало — всего 1 миллиграмм на 1 *кв. км*. Однако в космосе пренебрегать им нельзя.

Эффект воздействия светового давления тем больше, чем меньше масса тела и чем больше площадь освещаемой поверхности. С уменьшением размеров тел масса тел убывает быстрее, чем их поверхность (масса убывает пропорционально кубу, а поверхность — пропорционально квадрату радиуса тела). Поэтому на очень мелкие космические пылинки давление солнечных лучей действует весьма заметно — оно «выметает» их из Солнечной системы или (если частицы покрупнее) тормозит их полет и заставляет падать на Солнце. На движение же Земли и вообще крупных космических тел световое давление практически не влияет.

Для искусственных спутников Земли световое давление со стороны Солнца становится ощутимым лишь для небольших, легких спутников с высотой полета более 500 *км*. Внутри земной тени на спутник световое давление вообще не действует.

В те моменты, когда спутник движется или к Солнцу, или от Солнца, солнечные лучи либо подгоняют спутник, либо, наоборот, тормозят его. Как это все сказывается на орбите спутника, решить не всегда легко — все зависит от характера этой орбиты и от конструкции спутника.

Так, например, в 1960 году на почти круговую орбиту был запущен американский спутник «Эхо-1». Он представлял собой сферический баллон диаметром 30 *м*, весом 68 *кг* и предназначался для отражения радиосигналов, посылаемых с Земли. Спутник «Эхо-1» при огромных размерах и малом весе весьма чутко реагировал на давление солнечных лучей. Под их действием его орбита за пять месяцев из круговой превратилась в сильно вытянутую эллиптическую с апогеем на высоте 2200 *км*.

Затем начался обратный процесс — орбита стала «округляться» и за полгода вернулась почти к первоначальной форме. Так повторялось несколько раз, после чего (из-за опускания перигея) спутник вошел в плотные слои атмосферы и закончил свое существование в мае 1968 года. Между тем ракета-носитель этого спутника будет обращаться вокруг Земли еще несколько тысяч лет.

Возмущения спутников, вызываемые солнечными лучами, для большинства из них все-таки пренебрежимо малы. Этого нельзя сказать про воздействие земной атмосферы.

ТОРМОЖЕНИЕ, УСКОРЯЮЩЕЕ ПОЛЕТ

Следы земной атмосферы прослеживаются до высот 1—2 тысячи километров. Хотя плотность воздуха на таких высотах ничтожно мала, в некоторых случаях пренебрегать этой крайне разреженной средой невозможно. С уменьшением же высоты полета спутника сопротивление воздуха становится заметнее.

Это сопротивление зависит от ряда причин. Очевидно, его величина тем больше, чем больше плотность среды, то есть воздуха. Резко возрастает сопротивление с увеличением скорости полета. Так, например, если скорость увеличится в два раза, сопротивление возрастет вчетверо, если втрое, то сопротивление увеличится в девять раз, и т. д. Иначе говоря, сила сопротивления растет пропорционально квадрату скорости тела.

Небезразличны для сопротивления и форма тела, и площадь его поперечного сечения. Чем больше площадь, подставляемая воздушному потоку, тем сильнее тормозится тело в атмосфере. Наоборот, узкое, сигароподобное тело, вытянутое вдоль траектории, при прочих равных условиях испытывает со стороны воздуха наименьшее сопротивление. Чтобы сопротивление атмосферы свести к минимуму, надо сделать тело максимально обтекаемым.

Любая среда может лишь препятствовать движению в ней тела, тормозить его полет. Скажем, артиллерийский снаряд при отсутствии атмосферы пролетел бы большее расстояние, чем в воздухе. Но из этого почти всеобщего правила есть одно любопытное исключение.

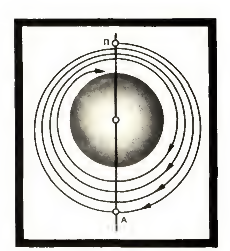
Искусственные спутники Земли, встречая сопротивление воздуха, должны, казалось бы, замедлять свой полет. На самом же деле торможение в земной атмосфере ускоряет их движение. Это явление, с первого взгляда совершенно непонятное, стали называть парадоксом[1] спутника.

В чем же его суть?

Представим себе спутник, выведенный на круговую орбиту где-нибудь в верхних слоях атмосферы. Сопротивление воздуха уменьшает кинетическую энергию (энергию движения) спутника, и он начинает медленно падать к Земле. Если затормозить спутник до полной остановки, то он, очевидно, упадет на Землю по вертикали. На самом же деле при очень

---

[1] Парадоксом называют истину, кажущуюся невероятной.



Снижение спутника по спирали в тормозящей его движение атмосфере.
П и А — первоначальные перигей и апогей его орбиты.

слабом сопротивлении воздуха спутник начинает снижаться к Земле по спирали. Но чем ближе опускается спутник к Земле, тем сильнее становится ее притяжение и тем бо́льшую скорость по этой причине приобретает спутник.

Вот и получается парадокс: сопротивление атмосферы разгоняет спутник, увеличивает скорость его полета! Но так будет происходить лишь до тех пор, пока спутник, снижаясь все больше и больше, не попадет в такие плотные слои атмосферы, где совершить даже один полный оборот вокруг Земли спутник не сможет. Как бы завязнув в атмосфере, спутник падает на поверхность Земли или (что бывает гораздо чаще) сгорает в воздухе подобно метеорному телу.

Долго ли живут спутники?

Акт рождения искусственного спутника Земли — его отделение от ракеты-носителя и выход на самостоятельную орбиту. После некоторого (иногда очень большого) числа оборотов вокруг Земли спутник, постепенно снижаясь, в конце концов так или иначе заканчивает свое существование.

Кроме такой «естественной смерти», спутник может погибнуть иначе, например — при столкновении с метеоритом. Однако вероятность подобного катастрофического конца очень мала. Совершая полет в верхних слоях земной атмосферы, спутник может стать «долгожителем» — срок его существования неопределенно велик.

Представим себе спутник весом 100 *кг*, имеющий форму шара поперечником 1 *м*. Допустим, что первоначально он обращался вокруг Земли по круговой орбите на некоторой высоте H. Сопротивление воздуха превратит круговую орбиту

в медленно скручивающуюся спираль, которая через время t приведет спутник на Землю. Вот таблица, полученная в итоге теоретических расчетов:

Высота H (в км)	200	250	300	350	400	500
Время t (в сутках)	0,4	4	20	65	100	1010

Получается, что с высоты 500 *км* и более продолжительность жизни спутника, выведенного поначалу на круговую орбиту, измеряется годами, а то и десятилетиями.

Большинство спутников имеют заметно (а иногда и очень сильно) вытянутые эллиптические орбиты. Высота перигея, то есть ближайшей к Земле точки орбиты, может значительно уступать высоте апогея — наиболее удаленной ее точки. Как же на таких орбитах сказывается сопротивление воздуха?

Предположим, что перигей орбиты спутника находится в атмосфере, а апогей — за ее пределами. Тогда каждый раз, пролетая через перигей, спутник расходует часть своей энергии на преодоление сопротивления воздуха. Несколько «обессилев» в этой борьбе, спутник уже не в состоянии достичь прежней высоты апогея. Иначе говоря, с каждым оборотом спутника апогей пусть медленно, но неуклонно будет приближаться к Земле.

Не остается неподвижным и перигей — высота его также медленно убывает. Но вот что любопытно: апогей приближается к поверхности Земли значительно быстрее, чем перигей; в результате орбита спутника не только уменьшается, но постепенно все больше и больше становится похожей на окружность. Конечный итог таков же, как и в предыдущем случае: спутник падает на Землю. Но вычисления здесь сложнее и результаты получаются несколько иными.

Вот таблица, показывающая продолжительность жизни такого же спутника, как и в первом случае, в зависимости от высоты перигея и апогея первоначальной орбиты:

Высота перигея (в км)	Продолжительность жизни спутника (в сутках) при различной высоте апогея (в км)				
	500	700	1000	1300	1600
200	9	18	37	58	82
230	25	52	102	165	237
260	53	116	238	370	535
300	114	260	545	890	1280
400	410	1120	2630	4450	6600

Заметьте, что с увеличением высоты точки запуска спутника (это и есть высота перигея) продолжительность его жизни растет гораздо быстрее, чем при удалении апогея от Земли. Другие спутники будут, конечно, иметь иные сроки существования, чем те, которые указаны в этих двух таблицах. Доказано, что, чем больше масса спутника (при прочих равных условиях!), тем дольше будет продолжаться его космический полет.

Вокруг Земли ныне вращается множество искусственных лун.

К 1990 году, если темпы освоения космоса не снизятся, на околоземных орбитах будут обращаться около миллиона искусственных лун!

Многие из искусственных небесных тел остаются на околоземных орбитах, хотя и отслужили свою службу. Вероятно, целесообразно такие «отработанные» спутники или возвращать на Землю, или взрывать на орбитах. Есть и еще один вариант — использовать «очищающее» действие атмосферы. В этом случае отработанный спутник переводят на низкую оорбиту, где сильное сопротивление воздуха ускорит его полет и приблизит неизбежную гибель — разрушение и сгорание в атмосфере.

Вероятно, со временем придется ограничить запуски спутников, исключить дублирование, создать свободные зоны для выхода космических кораблей в дальний космос — создать специальную службу космического движения. Потребуются и большой штат космических регулировщиков, и особые, необычные способы регулирования, куда более сложные, чем те, которые применяются у нас на Земле.

МАНЕВРИРОВАНИЕ В КОСМОСЕ

С того момента, как ракета-носитель выбрасывает спутник на орбиту, начинается пассивный полет этого искусственного тела. Движение в таком режиме похоже на полет брошенного камня. Оба тела падают на Землю: камень — по параболе, спутник — по окружности. В последнем случае «падение» или, точнее, облет Земли может продолжаться неопределенно долго, разумеется при условии, что сопротивление атмосферы отсутствует.

Первые спутники совершали пассивный полет. Начинался он выведением на орбиту, а заканчивался падением на Землю или сгоранием в ее атмосфере.

В дальнейшем спутники стали более совершенными, способными целенаправленно изменять свою первоначальную орбиту. Такой переход с одной орбиты на другую в космонавтике называется маневрированием.

Пользуясь на Земле каким-нибудь средством передвижения, приходится часто прибегать к маневрированию, то есть к изменению величины и направления скорости движения. Маневрирует водитель автомобиля, двигаясь в потоке других автомашин, с помощью парусов успешно маневрируют яхтсмены. Не обходятся без маневров и суда и самолеты. Но как могут маневрировать спутники, отделившиеся от ракеты-носителя?

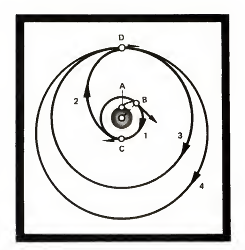
На спутниках, предназначенных для маневров в космосе, устанавливаются небольшие бортовые двигатели. Включение их происходит по радиокоманде с Земли, и тогда, направляя с помощью несложных устройств реактивную струю в ту или иную сторону, можно совершить заранее намеченный маневр. Разумеется, спутник может быть снабжен не одним, а несколькими бортовыми двигателями.

Предположим, что нужно запустить спутник на сильно вытянутую орбиту с очень высоким апогеем (такими орбитами, например, обладают советские спутники связи «Молния»). Задача решается в два приема. Сначала выводится спутник на низкую круговую орбиту, по которой начинается его пассивный полет. Затем (и в этом заключается второй этап маневра) включается бортовой двигатель спутника, резко, толчком увеличивающий его скорость. Под влиянием толчка, или, как говорят, импульса, спутник с круговой орбиты перейдет на эллиптическую. Нетрудно сообразить, что орбита эта будет тем более вытянутой, чем больше был импульс. Высота апогея зависит от величины импульса, а перигей новой орбиты совпадает с той точкой, где спутнику был сообщен «толчок».

Для каждой высоты над поверхностью Земли, как уже говорилось, есть своя, местная круговая скорость. Она тем меньше, чем больше радиус круговой орбиты. На расстоянии Луны круговая скорость равна всего 1 *км/сек* (вместо 7,9 *км/сек* у поверхности Земли). Именно с такой скоростью Луна и обращается вокруг Земли.

Допустим теперь, что поставлена задача запустить спутник на очень высокую (например, суточную) круговую орбиту. Для этого потребуется два маневра. Сначала с низкой круговой орбиты спутник выводится на промежуточную орбиту с высоким апогеем (например, на высоте около 36 000 *км*). Затем в один из тех моментов, когда спутник будет проходить через этот апогей, бортовой двигатель сообщает ему местную круговую скорость. В результате двух маневров спутник окажется выведенным на высокую круговую орбиту.

Чтобы космос не засорять лишними, выполнившими свою программу спутниками, их возвращают с «небес на Землю». Спутник либо обрекают на сгорание в атмосфере, либо мягко



Многоимпульсные запуски спутников с использованием низкой промежуточной орбиты (ABC). Цифрами *1* и *2* отмечена переходная орбита, переводящая спутник в точке D на высокие орбиты (3 или 4).

опускают на земную поверхность в результате некоторых маневров.

Направить спутник к гибели, то есть сгоранию в атмосфере или к падению в океан, можно, уменьшив его орбитальную скорость. Для этого реактивная струя должна быть направлена в сторону полета спутника. Любопытно, что бортовой двигатель, тормозя спутник ускоряет его полет и по спирали спутник входит в плотные слои атмосферы. Если спираль быстро закручивается, то есть спутник быстро входит в глубь атмосферы, он или сгорает полностью в атмосфере, или падает полуразрушенным в намеченный район земной поверхности. Для этого нужно лишь сильное, резкое торможение. Мягкую посадку спутника осуществить гораздо труднее.

В этом втором варианте спуск спутника можно разделить на три участка. Первый простирается от точки. где был включен тормозной двигатель, до входа в плотные слои атмосферы, то есть до высот около 100 *км*. На втором основном участке, занимающем почти всю толщу плотных слоев атмосферы, ее сопротивление движению спутника — иначе говоря, встречный воздушный напор—становится весьма мощным. Тут-то и нужна постепенность, возможно более медленное снижение спутника. Такой режим полета существенно снизит неизбежный разогрев спутника, который покрывают снаружи защитным слоем из тугоплавкого вещества. Заметим, что при высоких температурах, до которых разогревается поверхность спутника, даже это тугоплавкое вещество может частично разрушаться или сгорать.

Когда сопротивление атмосферы снизило скорость спутника до 150—250 *м/сек,* начинается заключительный, третий, участок полета. На этом участке с помощью специальных парашютов скорость спутника снижается до нескольких метров в секунду. А такая скорость уже пригодна для мягкого соударения с Землей, мягкой посадки. Любопытно, что в 1960—1962 годах на заключительном этапе полета американцы ловили спутники серии «Дискаверер» прямо в воздухе с помощью сетей, закрепленных на самолетах! Кроме или вместо парашютов могут применяться и тормозящие двигатели.

Первые спутники не имели определенной ориентации в полете. Двигаясь по своей орбите, они одновременно «кувыркались», то есть вращались вокруг некоторой оси. В этом отношении они вполне успешно подражали естественным космическим телам, скажем, астероидам. Однако для маневрирования в космосе такое беспорядочное движение зачастую бывает помехой. Приходится как-то «успокаивать» спутники, стабилизируя их полет.

Под стабилизацией мы понимаем здесь сообщение спутнику определенной и неизменной ориентации в пространстве. Достичь этого можно по-разному.

Известно, что вращающийся волчок, или гироскоп, стремится сохранить неизменным направление оси вращения. Этот «гироскопический эффект» используется, например, в гироскопических компасах. Можно применить его и в спутниках, сообщая им с помощью бортовых двигателей вращение вокруг некоторой оси. Такая стабилизация облегчает, например, ориентацию солнечных батарей на Солнце.

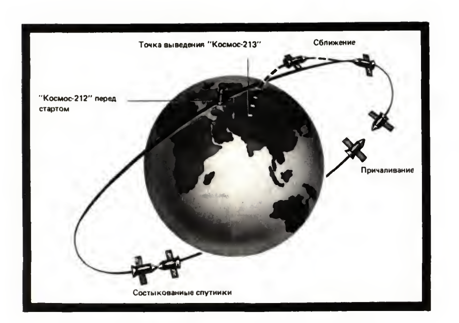
Если форма спутника вытянута в одном направлении, то в полете под действием гравитационных сил он стремится занять положение, при котором его продольная ось становится вертикальной, направленной к центру Земли.

Нет, конечно, нужды все спутники делать длинными вроде палок. Достаточно снабдить их складной штангой длиной в метры (а то и десятки метров!), которая разворачивается в космосе и в конце концов стабилизирует спутник.

Если спутник совершает полет в верхних слоях атмосферы, можно к нему приделать, как к стреле, хвостовое оперение. Формы его могут быть различными, но назначение одно — стабилизировать спутник в период его орбитального полета.

Без стабилизации спутников невозможны были бы их стыковка и расстыковка — один из самых важных маневров в космосе.

Впервые автоматическое сближение и стыковка спутников были осуществлены 30 октября 1967 года советскими спутниками «Космос-186» и «Космос-188». 15 апреля 1968 года по-



Сближение и стыковка спутников «Космос-212» и «Космос-213». Детали стыковочных узлов не показаны.

добную операцию повторили на спутниках «Космос-212» и «Космос-213».

С помощью ряда сложных маневров оба спутника выводились почти на одинаковую орбиту в непосредственной близости друг от друга. Для дальнейшего сближения широко использовались бортовые двигатели, радиоаппаратура и бортовые вычислительные устройства. Стыковочные узлы были различными: на «активном» спутнике — в виде штанги, на «пассивном» — в форме приемного конуса.

Непосредственно перед стыковкой относительная скорость спутников уменьшалась до 10—20 *см/сек*. Но при таких скоростях получался жесткий удар, который смягчался специальными амортизаторами на спутниках. При состыковке спутников замыкаются контакты их электрических цепей, и оба спутника превращаются в единое целое. При расстыковке операции происходят в обратном порядке.

Когда-нибудь в просторах космоса появится парусный флот! Солнечные паруса, то есть паруса, на которые давят солнечные лучи, постепенно входят в практику космических полетов, и их вполне можно использовать для маневрирования в кос-

мосе. В этом случае роль ветра играет давление солнечных лучей, а от ориентации солнечного паруса зависит характер совершаемого маневра.

Парусный флот, почти исчезнувший на Земле, по-новому возродится в просторах Вселенной!

КОСМИЧЕСКИЕ ТРУЖЕНИКИ

В начале космической эры находились скептики, которые вопрошали:

«Нужны ли спутники? И зачем вообще осваивать космос? Неужели на Земле не осталось более важных дел?»

И приходили к выводу:

«Создавать спутники — все равно что бросать золото в бездонную бочку!»

Сегодня такие сомнения вряд ли у кого возникают. Роль спутников в народном хозяйстве с каждым годом увеличивается, и не только дальнейшее освоение космоса, но и будущий прогресс человечества немыслим без спутников.

Если бы можно было в каком-нибудь огромном музее собрать все спутники, выведенные на орбиты, мы прежде всего поразились бы их разнообразию. И огромные, многотонные станции типа наших «Протонов», и крохотный «Эксплорер-I», первый американский спутник, и множество других, подчас совсем не похожих друг на друга искусственных лун разных форм, размеров и назначений. Есть, пожалуй, лишь одна черта, которая их объединяет: они служат человеку. Все спутники выполняют программы, предназначенные в конечном счете для решения земных задач.

У большинства спутников есть нечто общее и в их конструкции. Так, например, все они снабжены источниками электроэнергии, питающими разнообразную аппаратуру спутника, радиотелеметрическими и другими системами.

Расскажем кратко о некоторых главных типах спутников.

Исследовательские спутники осуществляют научную разведку ближнего и дальнего космоса. Аппаратура, работающая на них, сообщает сведения об атмосфере Земли, магнитном поле нашей планеты, различных излучениях небесных тел и о твердых частицах, рассеянных в околоземном пространстве. Некоторые из космических излучений могут оказаться опасными для космонавтов, а твердые космические частицы, называемые иначе микрометеоритами, портят внешние части космических аппаратов или даже (если частицы достаточно крупны) могут пробить их оболочку. Вот эти две главные опасности — радиационную и метеоритную — и надо было тщательно исследовать, прежде чем посылать человека в космос.



Исследовательские спутники: «Протон-4»; «Электрон-2».

Выяснилось, что хотя обе опасности существуют, но они не так страшны, как думали прежде, до космических полетов, и с ними можно успешно бороться.

Исследовательские советские спутники типа «Протон» предназначены для исследования космических лучей — очень быстрых мельчайших частиц (ядер атомов различных элементов), пронизывающих все космическое пространство. Некоторые из них выбрасываются Солнцем, и, когда на Солнце возникают мощные взрывы (так называемые солнечные вспышки), солнечные космические лучи становятся опасными для космонавтов. Изучить частоту солнечных вспышек, их природу и выяснить возможность предсказания опасных ситуаций — вот одна из задач, решаемых советскими «Протонами».

Крупнейший из спутников этой серии весит 17 *т*, из которых на долю научной аппаратуры приходится 12,5 *т*. Этот самый большой из исследовательских спутников по существу может быть назван автоматической орбитальной научной станцией.

Американские спутники серии «Пегас» оценивают масштабы метеоритной опасности. Они снабжены развертывающимися в космосе специальными панелями, пробой которых микрометеоритами регистрируется аппаратурой спутника.

Еще в прошлом веке астрономы начали строить обсерватории на высоких горах, там, где воздух чище, спокойнее, чем у поверхности Земли, и потому меньше мешает астрономиче-

ским наблюдениям. Позже для той же цели использовались воздушные шары, самолеты и даже стратостаты. Ныне телескопы разместили на спутниках, превратив последние в орбитальные астрономические обсерватории.

Советский спутник «Космос-215», запущенный в апреле 1968 года, — пример такой обсерватории. Среди его восьми бортовых телескопов был и один рентгеновский, который ловил невидимые рентгеновские лучи, приходящие к нам из глубин Вселенной.

Орбитальные астрономические обсерватории должны быть очень хорошо стабилизированы в полете — устойчиво сохранять выбранную ориентацию в пространстве. И этого удалось достичь. Так, например, американская орбитальная обсерватория «Коперник» при массе в 2,2 *т* обеспечивает стабильную точность наведения телескопа до одной десятой секунды дуги! Для сравнения сообщим, что под таким углом виден баскетбольный мяч с расстояния 650 *км*! И такая точность наведения, то есть сохранение выбранного направления, обеспечивается спутником в течение одного часа, что вполне достаточно для выполнения программы наблюдений.

Спутники выполняют разные задачи, и в зависимости от этого их запускают на ту или иную орбиту. Для исследования радиационных поясов Земли, состоящих из элементарных частиц (протонов и электронов), захваченных земным магнитным полем, спутник выводится на значительно вытянутую орбиту. Двигаясь по ней, спутник пронизывает всю толщу радиационных поясов нашей планеты. Такие же орбиты имеют и те спутники, аппаратура которых исследует магнитное поле Земли.

Мы часто досадуем на синоптиков, плохо предсказывающих погоду. Ведь не секрет, что иногда вместо обещанной солнечной погоды с утра до вечера моросит мелкий дождь. А в другой раз нас ждет приятный сюрприз — вопреки прогнозам вместо непогоды ярко светит солнце.

Не будем опрометчиво судить синоптиков. Задача предсказания погоды очень сложна. Погода в данном районе зависит от тысячи причин, которые не всегда удается учесть. Некоторые из них имеют внеземное происхождение — например, солнечная активность, природа которой еще во многом неясна. Чем точнее будет известно состояние атмосферы и чем к большей площади будут относиться эти сведения, тем точнее получатся прогнозы.

До начала космической эры метеорологи использовали сведения, поступающие лишь с наземных метеорологических станций. Сеть этих станций не была густой и уж во всяком случае не охватывала паутинной сетью всю планету. Спутники

позволили взглянуть на Землю сверху, из космоса, и увидеть, что творится в земной атмосфере днем и ночью, над сушей и над океанами. Сведения со спутников поступают в метеорологические центры для обработки и использования в прогнозах. Служба погоды стала всеобщей и более надежной. Без спутников 80% земной поверхности (океаны и пустыни, труднодоступные горные районы и полярные области), не были охвачены метеорологической сетью. Теперь и они находятся под неусыпным наблюдением. А ведь нередко именно в таких районах — над полярными снегами, горами и океанами — «варится» погода!

Метеорологические спутники снабжены телевизионными камерами, позволяющими получать снимки земной атмосферы с больших высот. На фотографии легко различимы циклоны, их перемещения, вся сложная картина непрерывных изменений в атмосфере. Еще в 1967 году в Советском Союзе была создана экспериментальная метеорологическая система «Метеор». Она состояла из двух спутников «Космос-144» и «Космос-156», связанных с наземными метеорологическими станциями. Оба спутника обращались вокруг Земли по почти круговым орбитам на высоте около 600 *км*. Орбиты эти были наклонены под углом в 81° к земному экватору, то есть были почти «полярными». Спутники следовали друг за другом на расстоянии, примерно равном четверти длины их орбиты, и благодаря этому они наблюдали за погодой над каждым из районов земного шара с интервалом в 6 часов.

У многих метеоспутников орбиты имеют высокие апогеи, а некоторые из спутников такого типа находятся на стационарных орбитах. Все спутники (кроме телевизионных устройств) оборудованы инфракрасной аппаратурой, воспринимающей невидимые глазом инфракрасные тепловые лучи. Благодаря этим приборам метеоспутники следят за температурой Земли и, заходя при полете в земную тень, продолжают «видеть» всё, что происходит на ночном полушарии нашей планеты.

Метеоспутники предупреждают суда о наблюдающихся штормах и ураганах и спасают этим тысячи человеческих жизней. Ведя постоянную разведку льдов, они помогают проводить караваны судов по Ледовитому океану. С их помощью предсказывают наступление дождей и снегопадов, что особенно важно в периоды сева и уборки урожая. Метеоспутники дают возможность разбираться в причудливых капризах погоды, а значит, помогают метеорологам улучшать свои прогнозы.

Много пользы в земных делах приносят спутники связи. Благодаря им мы можем быстро узнать и увидеть то, что делается в разных уголках земного шара. Центральное телевидение



Фотография Земли, снятая со спутника. Яркое пятно в середине снимка отражение Солнца в океане.

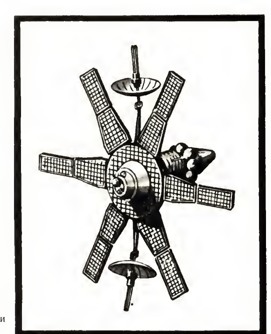
через спутники связи обеспечивает телепередачами миллионы удаленных от столицы жителей нашей страны. Система же «Интервидения» связывает нас со всем миром.

Среди спутников связи есть пассивные и активные. Американские спутники «Эхо», например, выполняют роль пассивного отражателя радиоволн, то есть некоего космического зеркала. Активные спутники связи снабжены сложной ретранслирующей аппаратурой, способной работать без задержки поступающих сигналов или, наоборот, с задержкой их. В последнем случае спутник, пролетая над пунктом сбора информации, принимает сигналы и «запоминает» их с помощью специального устройства, а затем информация выдается в другом

месте, там, где она требуется. Активные ретрансляторы могут и без задержки принятой передачи передавать ее дальше на той же длине волны.

Американский спутник «Эхо-1» представляет собой шар диаметром в 30 *м* из прочной тонкой пленки (толщина 0,0012 *мм*), покрытой отражающим алюминиевым слоем. Еще крупнее был спутник «Эхо-2» — его поперечник достигал 41 *м*. В дальнейшем предполагается выводить на орбиты блестящие, зеркальные «шарики» поперечником во многие десятки и даже сотни метров!

Советские спутники связи серии «Молния» — активные. Они обладают ретранслятором, который усиливает принятые радиосигналы и передает их дальше на земные приемные станции системы «Орбита». Каждая из таких станций расположена примерно в 10 *км* от местного телецентра, куда и передается то, что получено через спутник с Центральной студии телевидения. Раз в сутки в течение 9 часов через советские спутники связи можно обмениваться с любым пунктом нашей страны, со многими странами Европы и Азии цветными и черно-белыми телевизионными программами, а также телефонно-телеграфными разговорами.

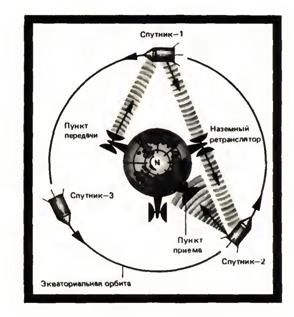


Советский спутник связи «Молния-1».
Видны похожие на лопасти солнечные батареи.

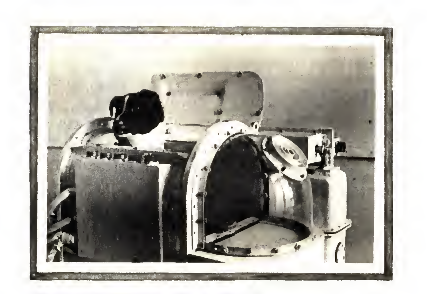
У спутников серии «Молния» орбиты сильно вытянуты, а апогеи их очень высоки (у «Молнии-1» апогей находится на высоте 40 000 *км*!). Но есть и стационарные спутники связи, «висящие» над земным экватором. Три таких равноудаленных друг от друга спутника могут обеспечить постоянную радиосвязь между любыми пунктами Земли (кроме околополярных зон). Ряд стационарных спутников серии «Синком» и другие были запущены американцами. В Советском Союзе на стационарные орбиты выведены «Радуга», «Экран» и «Горизонт».

По навигационным спутникам штурманы определяют положение кораблей и самолетов в плавании или полете. Где находится навигационный спутник в каждый момент времени, известно с большой степенью точности. Задача штурмана состоит в том, чтобы «привязать» себя к спутнику, то есть определить как можно точнее по отношению к нему расположение корабля или самолета. После этого особое счетно-решающее устройство точно вычисляет географические координаты наблюдателя. В 1978 году в Советском Союзе начала работать навигационная система. Первым спутником в системе был «Космос-1000».

Такую же роль выполняют и геодезические спутники. Их наблюдают из нескольких наземных пунктов, а затем, «при-



Три стационарных спутника.
Через два из них ведется радиосвязь между диаметрально противоположными пунктами земного шара.



Пассажир второго советского спутника — собака Лайка.

вязав» себя к спутнику, вычисляют расстояние между пунктами. Таким способом уточняют географические карты, форму нашей Земли.

Большую работу ведут экологические спутники, изучающие с космических высот природные богатства нашей планеты. Ежесуточно каждый из таких спутников передает на Землю десятки тысяч фотографий, снятых с разными светофильтрами. По этим снимкам можно судить о степени засорения природной среды, обнаруживать новые залежи полезных ископаемых, постоянно следить за состоянием лесов и полей, рек и океанов.

В наши дни «космические труженики» — спутники вполне оправдывают затраченные на них средства. В будущем их «земная» роль возрастет.

Но спутники выполнили и другую, очень важную задачу — они проложили дорогу в космос человеку.

Без спутников мы бы не знали многих подробностей о космических окрестностях Земли, где совершили космонавты свои первые полеты. Спутники, как разведчики, подготовили наступление «главных сил». Но заслуга спутников перед космонавтами состоит не только в этом.

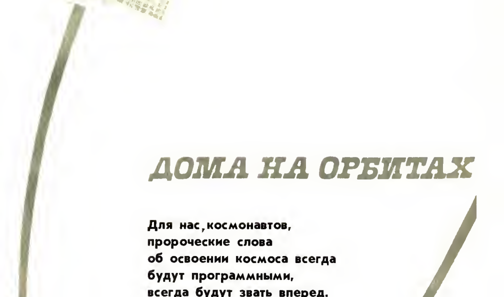
Уже второй советский спутник вынес на космическую орбиту живое существо — собаку Лайку. С тех пор экспери-

менты с биоспутниками проводились регулярно. Кто только не летал в космос!

На спутнике «Космос-110» 22-суточный полет совершили две собаки, на американском спутнике «ОФО-1» путешествовали две лягушки. Другой американский спутник «Биос-2» вывел в космос насекомых и растения. Летали в космос и кролики и обезьяны.

Биологические эксперименты были генеральной репетицией главного события — выхода человека в космос.

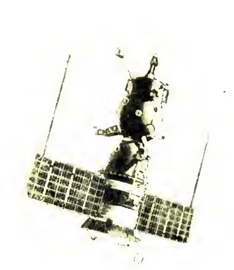
Бессмертный подвиг Юрия Гагарина открыл новый этап в космонавтике. На орбитах вокруг Земли появились пилотируемые космические корабли, хранящие в своей оболочке «кусочек» земного уюта. За кораблями пришла очередь и орбитальных станций. А за ними — прямой путь к городам на орбитах.



ДОМА НА ОРБИТАХ

Для нас, космонавтов,
пророческие слова
об освоении космоса всегда
будут программными,
всегда будут звать вперед.

Ю. А. Гагарин



МНОГО ЛИ НУЖНО ЧЕЛОВЕКУ?

Как считал Циолковский, человечеству, видимо, предстоит расселение в космосе. Надо, однако, признать, что человеческий организм сам по себе к этому мало пригоден.

Мы — дети Земли, высший продукт эволюции земного органического мира, и по этой причине носим в себе все признаки земного существа. Нам нужен земной комфорт — воздух, подходящая температура, приемлемая пища, отсутствие вредных излучений, наконец, привычная земная тяжесть и многое другое, без чего наше существование просто невозможно. Перегрузки, невесомость, облучение смертоносной космической радиацией, не говоря уж о других опасностях, поджидающих нас на пороге космоса, способны, казалось бы, отбить всякую охоту к его освоению.

И все-таки человек стремится в космос наперекор всему. В этом безудержном стремлении овладеть всё большим пространством, всё большими запасами вещества и энергии есть нечто характерное для любых форм живой материи. Жизнь всегда стремится отвоевать у косной, мертвой материи как можно больше места и вещества. Человечеству удается это осуществить средствами науки и техники. Именно они позволили создать вне Земли почти земной комфорт — ведь внутри скафандра или космического корабля условия близки к земным, хотя тут же, рядом, вне их, — враждебный человеку космос.

Что же это за условия? Что необходимо для путешествий за пределы Земли?

Первые трудности поджидают космонавта уже при выведении космического корабля на орбиту. Именно на этом первом участке пути в космос возникают перегрузки. Возносящаяся к небу ракета-носитель создает внутри себя усиленную тя-

жесть. Космонавт давит на свое кресло с силой, значительно превосходящей его обычный земной вес.

В современной космической технике перегрузки при взлете неизбежны. Если бы двигатель сообщил ракете ускорение, равное ускорению силы тяжести g (9,8 *м/сек*^{2}), то ракета попросту неподвижно зависла бы над Землей. Значит, собственное ускорение ракеты должно превышать g, причем границы этого превышения зависят от стойкости человеческого организма.

В преодолении перегрузок человек далеко не чемпион. Даже такие нежные, хрупкие существа, как цыплята, легко переносят десятикратные перегрузки (10g). В некоторых опытах собаки становились тяжелее обычного в 80 раз и, несмотря на это, сохраняли жизнеспособность. Что же касается тараканов, то это действительно чемпионы! Еще Циолковский установил, что они запросто переносят нагрузки до 300g!

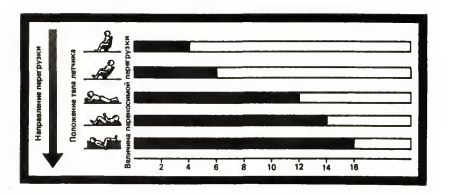
Заметим, что чем меньше существо, тем, как правило, оно более стойко к перегрузкам. Но для одного и того же организма выносливость, оказывается, зависит от продолжительности перегрузки и направления действующих сил. Чем продолжительнее перегрузка, тем больший вред она может принести организму. С другой стороны, перегрузки, действующие поперек тела (от груди к спине или наоборот), человек переносит гораздо легче, чем вдоль тела (например, от ног к голове).

Люди полные, тяжело носящие собственное тело, часто стараются отдохнуть на тахте или кровати. Вес их при этом, конечно, не изменяется, но нагрузка вместо продольной становится поперечной. Продольные нагрузки также неодинаковы: при направлении сил от головы к ногам они переносятся легче, чем в противоположном направлении.

Значительные перегрузки вызывают вредные изменения внутри организма. От утяжеленных, сдавленных внутренних органов в головной мозг поступают необычные нервные сигналы. Из-за них сообразительность и внимание снижаются, движения становятся нечеткими, некоординированными, человеку становится все хуже и хуже, и в какой-то момент наступает гибель.

Проделайте нехитрый опыт: повисните на турнике вниз головой. Перегрузка здесь однократная, то есть, в сущности, ее нет. И все-таки очень скоро она вызовет у вас неприятные ощущения, лишь в слабой мере похожие на те, которые приходится испытывать космонавту.

При трехкратной перегрузке продолжительность ее действия не должна превышать 5—6 секунд. Что же касается поперечных нагрузок, то даже 10-кратное увеличение собственно-



Влияние положение тела на переносимость перегрузки.

го веса человек может безболезненно переносить в течение двух минут.

Выход ракеты-носителя на заданную космическую орбиту занимает около десяти минут. Чтобы облегчить самочувствие космонавта на этом ответственном этапе, его сажают в особое кресло, всегда занимающее такое положение, при котором космонавт оказывается «лежащим», то есть перегрузки остаются поперечными и не превышают допустимой нормы.

Сразу после отделения космического корабля от ракеты-носителя и выхода его на заданную орбиту тягостные ощущения перегрузки сразу сменяются полной невесомостью. И корабль и все предметы внутри него движутся относительно Земли с одинаковым ускорением. Поэтому космонавт не давит на стенки корабля или другие предметы, и это отсутствие давления ощущается как потеря веса. Разумеется, вес, как притяжение Земли, остается, хотя и ослабленным из-за удаления от ее центра. Именно благодаря этому притяжению космонавт и совершает вместе с кораблем обращение вокруг нашей планеты.

В обычных земных условиях вес как давление на опору и вес как притяжение Земли совпадают. Лишь в воображаемом оборвавшемся лифте пропадает давление на опору, но сохраняется, конечно, притяжение Земли. Сходная ситуация происходит и в космическом корабле, непрерывно «падающем» вокруг Земли по эллиптической орбите.

Легко ли быть невесомым?

Опыт космических полетов показал, что кратковременную невесомость (в течение, скажем, нескольких суток) космонавты переносят без каких-либо вредных для организма последствий. Длительная же невесомость (недели, месяцы, а то и годы)

может вызвать болезненные явления и изменения в организме: расслабляется мускулатура (в частности, сердечная), нарушается привычный обмен веществ. Чтобы этого избежать, космонавты в полете занимаются гимнастикой на специальных спортивных снарядах, укрепляют мышцы, сердце. Помогают этому и специальные костюмы, не дающие покоя даже мелким мышцам тела. Используются и другие средства преодоления невесомости.

Невесомость осложняет работу внутри космических кораблей. Приходится, например, хранить жидкости и пищу в особых сосудах, устраивать принудительное перемешивание воздуха, быть очень осторожным в своих движениях. Много неудобств порождает невесомость. По этой причине на крупных орбитальных станциях будущего непременно создадут вращением искусственную тяжесть; тем самым еще больше приблизятся условия жизни в космосе к земному комфорту.

Как известно, для жизни человеку необходим воздух. Прав был Циолковский, говоря, что «самая, по-видимому, невозможная, нетерпимая вещь — отсутствие воздуха или атмосферы».

Прежде всего космонавт должен дышать, и потому для него создается искусственная атмосфера. Для этого в первую очередь надо обеспечить полную, абсолютную герметичность кабины. Любая утечка воздуха — безвозвратная потеря, так как полет совершается практически в вакууме. Значит, для космических кораблей годятся лишь герметические кабины регенерационного, или восстановительного, типа. В таких кабинах кислород с помощью специальных регенерационных устройств восстанавливается из выдыхаемого космонавтом углекислого газа и паров воды. Происходит это за счет химических реакций со специальными веществами.

Сам регенератор представляет собой металлический контейнер, где главная роль отведена регенеративному веществу, очистительным фильтрам и автоматическому устройству, обеспечивающему нужный состав, давление и температуру воздуха.

Создать земной климат в кабине трудно. Когда корабль освещен Солнцем, одна его часть сильно нагревается, а другая, наоборот, остается очень холодной. Кроме того, при орбитальном полете корабль то облучается Солнцем, то надолго заходит в земную тень.

Особенно опасен перегрев при возвращении из космоса, когда спускаемый отсек корабля, подобно метеориту, с огромной скоростью вторгается во всё более плотные слои атмосферы.

Чтобы устроить внутри корабля должный температурный режим, используют специальную систему терморегулирования. Не вникая в ее детали, отметим лишь главные принципы, на которых она работает. Один из них состоит, например, в том,

что кабина, где находятся космонавты, снабжается двойными стенками, между которыми принудительно прогоняется газ или жидкость. Изменяя скорость их циркуляции, можно регулировать теплоотдачу от внутренней стенки к наружной. Когда скорость циркуляции увеличивается, теплообмен усиливается; при замедлении циркуляции, наоборот, ослабевает. Так, размешивая горячий чай ложкой, можно быстрее его охладить.

Второй принцип, предложенный еще Циолковским, — использование снаружи корабля специальных штор или ставен. Например, при перегреве их можно открыть, увеличив тем самым теплоотдачу. Иногда применяются и испарительные системы охлаждения, основанные на том известном факте, что жидкость поглощает тепло при испарении с поверхности какого-нибудь тела (вспомните, как бывает прохладно, когда выходишь из воды после купания!).

Состав искусственной атмосферы внутри космических кораблей может быть разным. На советских кораблях и станциях («Восток», «Восход», «Союз», «Салют») атмосфера в кабине содержит 21—25% кислорода, 0,35—0,50% углекислого газа при относительной влажности 51—57%. Добавим, что давление близко к земному (около 760 *мм рт. ст.*), как, впрочем, и температура (13—20°С).

В американских космических кораблях (например, серий «Меркурий», «Джемини», «Аполлон») атмосфера, которой дышали астронавты, состояла из чистого кислорода при давлении в 266 *мм рт. ст.* (что на Земле соответствует высоте 8000 *м*). Кислородная атмосфера имеет некоторые преимущества: упрощается, например, регулирование состава атмосферы (газ-то один!), несколько облегчается нагрузка корабля. Но зато возникает грозная опасность: при любой искре кислородная атмосфера взрывается, что приводит к гибели и экипажа и корабля. Случаи такого рода, увы, были, и потому наилучшими искусственными атмосферами должны считаться кислородно-азотные или кислородно-гелиевые смеси.

Принимая пищу внутри космических кораблей и нынешних орбитальных станций, где нет искусственной тяжести, космонавты испытывают ряд трудностей. Пищу для космонавтов приходится заключать в большие тюбики. В тюбиках — полужидкая, пюреобразная питательная масса. А твердая пища расфасована в изящные целлофановые пакетики, снабженные красивыми этикетками — кто не знает, что привлекательная упаковка вызывает аппетит!

Рассчитан примерный суточный рацион космонавта. В него входит 110 *г* белков, 90 *г* жиров, 418 *г* углеводов, 22 *г* витаминов и минеральных веществ, 2,2 *л* воды. Все это, вместе взятое, обладает энергией в 3000 больших калорий.

Отнюдь не безразлично, в каком виде принимаются эти калории. Прием пищи не только физиологический, но и сложный психический процесс. Стараются поэтому в космических условиях придать пище земной облик. Так, например, в меню для советских космонавтов А. Г. Николаева и П. Р. Поповича входили телятина жареная, куриное филе, язык говяжий, пюре мясное, пирожки с килькой, паюсной и кетовой икрой, вобла, апельсины, лимоны, яблоки, фруктовые соки, разные кондитерские изделия...

Очень важна психологическая совместимость членов экипажа космического корабля. В сложных условиях космического полета даже космонавты нервничают. Казалось бы, в компании с другими космонавтами каждый член экипажа должен чувствовать себя наилучшим образом. Но это не всегда так. Даже люди волевые, обладающие хорошим характером, оказавшись надолго в обществе друг друга без общения с другими людьми, становятся чуть ли не врагами.

Так, например, при совместном походе к Северному полюсу Фритьофа Нансена и его штурмана Иогансена оба путешественника так надоели друг другу, что иногда по неделям сохраняли полное молчание. При возвращении же на материк прежняя дружба этих замечательных людей снова возобновилась.

Поэтому при подборе экипажей космических кораблей и орбитальных станций, если работа в космосе рассчитана на длительные сроки, надо, кроме физической выносливости космонавтов, внимательно изучить и их «психологическую совместимость».

ОБ ОПАСНОСТЯХ В КОСМОСЕ

Любое обычное земное путешествие всегда сопряжено с какими-нибудь опасностями. Мало ли что непредвиденное может случиться в пути и с самим путешественником и с транспортом, каким он пользуется. Однако из этого не следует, что надо всю жизнь сидеть дома и заботиться только о том, «как бы чего не вышло».

Полеты в космос — дело сложное и, конечно, опасное. Космонавтика уже имеет свои жертвы. Все они были вызваны техническими неполадками космических кораблей — например, неожиданной разгерметизацией спускаемого аппарата, случайным пожаром искусственной чисто кислородной атмосферы. С каждым годом надежность космической техники возрастает, а космонавтика решает всё более сложные задачи в новой, неизведанной среде.

Поэтому космические полеты еще долго будут сложным

и ответственным делом. Задача, очевидно, состоит в том, чтобы в случае возникновения аварийной ситуации спасательные средства оказались на высоте и жизнь космонатов была сохранена.

Есть, однако, в космосе две опасности, с которыми приходится считаться при любом полете. Устранить их полностью нельзя, но свести до минимума можно. Я имею в виду метеорную опасность и опасность радиационную.

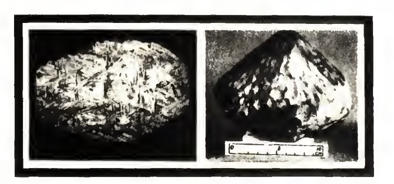
Если бы удалось откуда-нибудь издалека посмотреть на Солнечную систему, мы увидели бы исполинское, похожее на линзу плоское облако из мельчайших пылинок, которое окутывает и Солнце и его семью многочисленных спутников. Это облако — продукт непрерывного дробления малых тел Солнечной системы: астероидов, комет. Но не только их. Если крупный метеорит ударяется о поверхность Луны или какого-нибудь из спутников других планет, часть раздробленного твердого вещества может приобрести при этом космическую скорость и навсегда покинуть спутник. Так что и крупные тела иногда становятся источниками космической пыли.

Часть пыли вытесняется за пределы Солнечной системы давлением солнечного света. Более крупные частицы, тормозящиеся боковым световым давлением, по спиралям постепенно падают на Солнце. Но на их место от разрушающихся твердых тел непрерывно поступают новые порции пыли.

Все космические полеты в пределах Солнечной системы проходят внутри огромного пылевого облака. Но кроме мелких и мельчайших пылинок, космическим аппаратам и кораблям постоянно угрожает столкновение с более крупными твердыми телами типа тех метеоритов, которые падают на поверхность Земли. Опасна ли такая встреча?

Вопреки распространенному мнению, что взрываться могут только особые «взрывчатые» вещества, камни также способны взрываться, и притом иногда сильнее, чем самое активное из химических взрывчатых веществ — тринитротолуол. Случается это тогда, когда летящий с космической скоростью камень внезапно натыкается на какую-нибудь преграду.

Летящий метеорит обладает огромной энергией — ведь его скорость по отношению к космическому кораблю в среднем близка к 45—50 *км/сек*. При ударе о препятствие кинетическая энергия (то есть энергия движения) метеорита превращается в энергию взрыва. Сначала кинетическая энергия идет на разрушение кристаллической решетки метеорита, связи его молекул. Но освобожденное от внутренних связей твердое тело превращается в сильно сжатый газ. Почти мгновенное расширение этого газа и есть взрыв. И он, понятно, тем мощнее, чем крупнее метеорит и чем больше скорость соударения.



Метеориты: слева — железный, справа — каменный.

Подсчитано, что если эта скорость равна 4 *км/сек*, то метеорит взрывается с такой же мощью, как равное ему по массе количество тринитротолуола. При больших скоростях быстро растет и разрушительная сила взрыва. Например, при скорости соударения в 50 *км/сек* метеорит разрушает в 15 000 раз больше вещества, чем содержит сам!

Мелкий метеорит может пробить баки с горючим, повредить аппаратуру, разгерметизировать кабину космонавта. Столкновение с крупным метеоритом неизбежно грозит гибелью космическому кораблю и его экипажу. Велика ли вероятность этой метеоритной опасности?

Крупные метеориты реже встречаются в межпланетном пространстве. А мелких и особенно мельчайших метеоритов — великое множество.

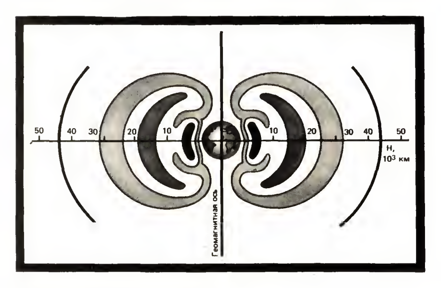
Подсчитано, что, если среднее сечение космического аппарата имеет площадь 1 *кв. м.*, столкновение с метеорной частицей весом в одну десятитысячную грамма произойдет в среднем раз в 160 лет! С меньшими частицами столкновения будут соответственно более частыми. Скажем, крошечные пылинки весом в одну тысячную миллиграмма будут сталкиваться с космическим аппаратом каждые 1,6 года, и лишь неразличимые глазом крупинки весом в одну стомиллионную и одну десятимиллиардную грамма дадут интервалы между столкновениями соответственно 6 суток и полтора часа. Это результаты теоретического расчета. А что показывает практика?

Еще третий советский спутник зарегистрировал от 4 до 11 ударов в секунду на площадку величиной 1 *кв. м.*, причем ударялись о спутник совершенно безопасные частички весом

в одну стомиллионную грамма. Советская станция «Марс-1» пролетала через какой-то неизвестный метеорный поток. Однако и в это время за четыре часа о станцию ударились только 104 частицы ничтожно малой массы.

Таким образом, метеорная опасность хотя и мала, но существует. Вероятность гибели от удара метеорита в космосе не выше, чем на Земле. Практически приходится иметь дело с ударами мельчайших твердых пылинок, которые способны при длительных полетах вызвать эрозию, разрушение тонкого поверхностного слоя корабля. За целый год эта метеорная эрозия разрушает слой толщиной всего в одну десятитысячную миллиметра. Но не считаться с этим нельзя, так как и эти удары портят оптику, пробивают тонкие конструктивные элементы, повреждают поверхностные слои солнечных батарей. Но жизни космонавтов метеориты практически не угрожают. За всю историю человечества не зарегистрировано ни одного случая смерти от удара метеоритом. Более опасны космические излучения.

Как показали уже первые космические полеты, вокруг Земли существуют так называемые пояса радиации в виде исполинских «бубликов», опоясывающих земной шар. Самый ближний к Земле край этих поясов расположен на высоте около 2400 *км*, самый внешний — на высоте около 60 000 *км*. В состав поясов входят протоны и электроны, движущиеся



Поперечное сечение поясов радиации.

в магнитном поле Земли по весьма сложным, спиралеобразным траекториям. При движении протоны и электроны развивают огромные скорости и становятся настолько энергичными, что их столкновения с космическим кораблем создают опасность для космонавтов.

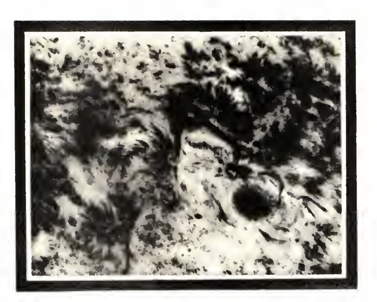
Когда протоны радиационных поясов врезаются в оболочку корабля, они порождают в ней сложные ядерные реакции, в ходе которых возникают нейтроны и гамма-лучи, облучающие космонавтов. Свою дозу в этом облучении добавляют и те протоны, которые пробивают насквозь стенку корабля и попадают, несколько ослабленные, внутрь кабины. Вредят как могут и электроны: в стенке кабины они рождают рентгеновские лучи, которые также проникают в тело космонавта. Словом, при полете в радиационных поясах космонавты неизбежно облучаются частицами и лучами.

Есть в физике специальные единицы, которыми измеряется излучение. В честь великого первооткрывателя невидимых лучей их называют рентгенами. Доза облучения в 400—600 рентген считается для человека смертельной. Однако и при меньших долях могут наступить серьезные расстройства здоровья.

Пока еще нет достаточно уверенных оценок тех доз облучения, которые получит космонавт, пролетевший сквозь радиационный пояс Земли. Скорее всего, эта доза заключена в пределах от 2 до 50 рентген, то есть для жизни она не опасна. Однако длительные полеты внутри радиационных поясов (без специальных средств защиты) вряд ли возможны.

Вселенную во всех направлениях непрерывно пронизывают космические лучи — потоки очень энергичных протонов и ядер атомов разных элементов. Защититься от них невозможно не только из-за их огромной пробивной способности, но и потому, что при увеличении толщины защитной оболочки опасность, как это ни парадоксально, возрастает! Оказывается, космические лучи вызывают ядерные реакции в защитной оболочке, причем чем толще эта оболочка, тем мощнее реакции и тем интенсивнее облучение космонавтов. К счастью, общая интенсивность космических лучей очень мала — частиц, их образующих, мало. Так, например, общая энергия, поступающая на Землю, от космических лучей, близка к энергии, приходящей к нам от света всех видимых на небе звезд! Значит, защищаться от космических лучей не стоит: доза облучения от них при современных полетах вполне укладывается в допустимые нормы.

Самая большая опасность для космонавтов — солнечные вспышки, взрывы на Солнце неизвестной природы, при которых Солнце «выстреливает» в пространство сравнительно плотные



Яркая область на поверхности Солнца «солнечная вспышка».

потоки очень энергичных протонов и других частиц. Если вспышка достаточно мощная, доза облучения космонавтов может стать смертельной.

До сих пор прогноз появления вспышек на Солнце проводится, увы, недостаточно уверенно. Известно, что очень мощные, особенно опасные вспышки сравнительно редки — раз в несколько лет. Но строгой периодичности вспышек не существует, и приходится угадывать сроки вспышек на основании средних, не вполне точных оценок.

К счастью, выброшенные Солнцем при вспышке частицы долетают до Земли за несколько десятков часов, так что за это время с околоземной орбиты корабль сможет спуститься на Землю, где всех нас предохраняет панцирь земной атмосферы.

А как быть при длительном межпланетном полете, где-нибудь очень далеко от Земли? Придется в этом случае прятаться в радиационные убежища — толстостенные камеры, помещенные на корабле. Подсчитано, что, если под каждым квадратным сантиметром оболочки расположить 20—30 *г* вещества, защита получается достаточно надежной. При этом само вещество может быть разным — вода, жидкий водород, парафин, алюминий или, на худой конец, свинец.

Вес защитных камер получается, конечно, значительным. Поэтому в практику космонавтики они войдут не скоро. Но на долговременных орбитальных станциях и в «эфирных городах» радиационные убежища станут необходимой деталью быта. Без них не обойдешься — не возвращаться же при вспышке каждый раз на Землю?!

Итак, опасности в космосе есть, но они преодолимы и существенно препятствовать дальнейшему освоению космоса не могут.

КОСТЮМ КОСМОНАВТА

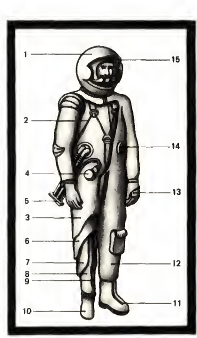
Человек даже в привычной земной обстановке предпочитает укрываться в какой-нибудь «футляр». Разве этим термином нельзя назвать нашу одежду, дом, автомашину, поезд или самолет, в которых мы путешествуем?

Но если «футляр» так необходим на Земле, если без прикрытия мы повсюду на Земле (кроме, пожалуй, пляжей) чувствуем себя совершенно беспомощными, то тем более немыслимы прогулки человека в космос без особого, спасающего жизнь «футляра». Этот «футляр» — космический скафандр, профессиональная одежда космонавта.

В сущности, скафандр — это миниатюрная кабина космонавта. Он обеспечивает космонавта пригодной для дыхания атмосферой, нормальным тепловым режимом. Кроме того, скафандр должен обладать хорошей плавучестью (на случай приводнения космонавта), гарантировать космонавту легкость движений, предохранять его от ударов при посадке и катапультировании. Можно было бы добавить к этому и ряд других, не менее трудновыполнимых требований.

Современные космические скафандры бывают вентиляционные и регенерационные. В вентиляционных воздух для дыхания и вентиляции тела поступает из кабины корабля и специальным вентилятором нагнетается в скафандр. Именно в таких скафандрах первые советские космонавты начали освоение космоса. Казалось бы, в скафандрах не было нужды — ведь в кабинах кораблей «Восток» создавалась полноценная искусственная атмосфера. Но все-таки и Юрий Гагарин, и его последователи надевали скафандр — на всякий случай, точнее на случай неожиданной разгерметизации кабины. Тогда в аварийной обстановке шлем космонавта автоматически закрывается передним стеклом и включается аварийная система жизнеобеспечения — воздух таким образом поступает из аварийных баллонов.

Вентиляционный скафандр через шланги связывает космонавта с системой жизнеобеспечения. Если ставится задача



Устройство скафандра:
1 — шлем;
2 — силовая система;
3 — силовая оболочка;
4 — термоввод проводов связи;
5 — объединенный разъем;
6 — термооболочка;
7 — подкладка;
8 — белье;
9 — трубка вентилирующей системы;
10 — носок;
11 — ботинок;
12 — верхняя одежда;
13 — перчатка;
14 — регулятор давления;
15 — шлемофон.

разорвать эту «пуповину», обеспечить космонавту полную самостоятельность действий, надо воспользоваться скафандром регенерационного типа.

Космический костюм напоминает водолазный скафандр, а за спиной в виде ранца укреплено регенерационное устройство.

В регенерационном скафандре отработанный воздух прогоняется через фильтр и химический поглотитель. Регенерация, то есть восстановление израсходованного при дыхании кислорода, может достигаться двояко: восполнением из запасов жидкого кислорода, хранимого в специальном баллоне, или за счет химических реакций, при которых некоторые вещества, поглощая углекислоту, выделяют одновременно кислород. Излишнюю влагу удаляют или с помощью особых веществ, или конденсируя влагу на охлажденных поверхностях специального теплообменника.

Поддерживать нужную температуру внутри скафандра очень трудно. Во время работы человек выделяет в 5—6 раз больше тепла, чем в состоянии покоя. С другой стороны, после приема пищи температура тела также увеличивается (примерно процентов на тридцать). Если бы в скафандре не было

сложной системы терморегулирования, то космонавт мог бы погибнуть от теплового удара.

Чтобы обеспечить полную герметичность скафандра, используют специальные ткани.

Казалось бы, внутри скафандра (если не пользоваться кислородной маской) надо создать газовое давление, близкое к нормальному. Но если так поступить, космонавт при выходе в открытый космос сделается похожим на надутый футбольный мяч — согнуть руки или ноги, а тем более ходить он не сможет. Внутри скафандров поддерживается пониженное газовое давление (0,25—0,4 атм.) и поступает достаточная доза кислорода. Есть виды скафандров и с чистым, ни с чем не смешанным кислородом.

Современный скафандр напоминает слоеный пирог. Самая верхняя, защитная его оболочка снабжается специальным покрытием — чтобы отражать солнечные лучи и не допускать перегрева. Под ней идут силовая и герметизирующая оболочки, из которых первая изготовляется из прочной ткани или специальной сетки. Затем — теплозащитная оболочка, предохраняющая космонавта от космических «морозов» и чрезмерного нагрева солнечными лучами. Еще ближе к телу — вентиляционная оболочка, состоящая из системы разветвленных нейлоновых трубок; без нее нельзя было бы регулировать температуру внутри скафандра. Непосредственно на тело космонавта надет костюм и комбинезон из ткани с плотно прилегающими манжетами. Словом, семь слоев, «семеро одежек», хотя и не без застежек (как раз в скафандрах застежек очень много!).

Прибавьте к этому сложную систему клапанов, многослойный шлем с автоматически опускающимся «забралом», собственную электросеть, питающую микрофон внутри шлема, а также другие устройства, и вы согласитесь, что космический скафандр — сложное инженерное сооружение.

По характеру применения космические скафандры делятся на бортовые, выходные и планетарные. В бортовых скафандрах летали первые космонавты. В выходном скафандре, соединенном фалом с кораблем, впервые вышел в космос Алексей Леонов. Планетарные скафандры надевали американские астронавты при прогулках по Луне.

Для работы в открытом космосе выходной скафандр снабжается специальными оболочками, предохраняющими человека от метеорной и радиационной опасностей. При выходах на поверхности Луны и планет обращается особое внимание на обувь. Она должна быть легкой, удобной, предохраняющей ноги от перегрева при контакте, например, с разогретой Солнцем поверхностью Луны. Планетарные скафандры имеют ра-



Алексей Леонов
в открытом космосе.

диоаппаратуру, позволяющую экипажу поддерживать радиосвязь друг с другом и с кораблем.

В 1977 и 1978 годах советские космонавты использовали для выхода в открытый космос скафандры нового, полужесткого типа. Остов у него сделан из металла и напоминает средневековую рыцарскую кирасу. Шлем также металлический, а рукава и штанины мягкие. В скафандр надо влезать через спину металлической кирасы, где для этого имеется специальный люк. Эта спина, кстати говоря, выполняет также роль заплечного ранца, где размещена самостоятельная, автономная система жизнеобеспечения. Во время работы в космосе электропитание подводится по страховочному фалу, который надежно связывает космонавта с орбитальной станцией.

В таком скафандре нужный тепловой режим обеспечивается системой водяного охлаждения. Кружевной вязаный комбинезон космонавта имеет сеть пластмассовых трубочек, по которым течет вода, — своеобразное «центральное отопление»! С его помощью сам космонавт регулирует температуру по своему вкусу. Алексей Леонов опробовал новый скафандр и нашел, что он гораздо удобнее того, в котором ему пришлось впервые выходить в открытый космос. Такого рода скафандры будут применяться при ремонтных, монтажных работах в космосе. Без них не обойдешься при строительстве «эфирных поселений».

Конечно, со временем будут меняться и космические ко-

стюмы, причем движущим стимулом окажется не мода, а новые задачи, требующие новых средств защиты космонавта.

Будущее может подсказать, вероятно, и неожиданные решения. Почему бы не использовать, например, мощные механические манипуляторы, управляемые биотоками мышц человека? Между прочим, впервые подобные «биопротезы» были созданы в нашей стране. Много еще предстоит сделать для улучшения защиты от мельчайших метеоритов и вредной радиации.

Короче говоря, на выставке «космических мод» 2000 года (если такая состоится), вероятно, будут демонстрироваться куда более изящные и совершенные космические костюмы, чем те, которые уже есть в обиходе космонавтов.

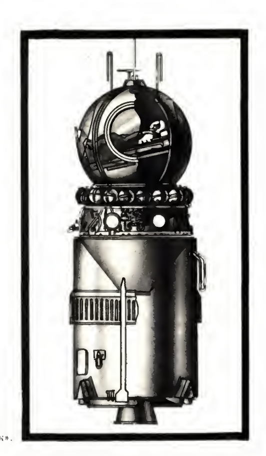
В КАБИНЕ КОРАБЛЯ «ВОСТОК»

Никогда не забудет человечество 12 апреля 1961 года. В этот день первый космонавт Земли Юрий Гагарин на первом космическом корабле «Восток» впервые совершил космический полет. Когда-нибудь этот чудесный летательный аппарат в техническом отношении покажется столь же скромным, как, скажем, каравеллы Колумба в сравнении с современными океанскими лайнерами.

Корабль состоял из двух частей. Первая из них — сферический спускаемый аппарат, где помещался космонавт, оборудование для жизнеобеспечения и системы приземления. Вторая часть корабля — это приборный отсек с тормозным двигателем и другим оборудованием. Корабль «Восток» был выведен на орбиту трехступенчатой ракетой-носителем, точная копия которой установлена перед павильоном «Космос» на Выставке достижений народного хозяйства в Москве.

Кабина первого космического корабля гораздо просторнее обычной кабины летчика на самолете (ее также можно увидеть на ВДНХ). Снаружи спускаемый аппарат покрыт специальным слоем тепловой защиты, без которой немыслим стремительный спуск в атмосфере. В аппарате три иллюминатора с жаропрочными стеклами и два быстро открывающихся люка.

Кресло у космонавта особенное, установленное так, чтобы на участках выведения и спуска корабля перегрузки действовали на космонавта в наиболее благоприятном направлении (грудь—спина). Если бы даже по какой-нибудь причине герметизация кабины была нарушена, жизнь космонавту сохранил бы скафандр с автономной системой жизнеобеспечения. Кресло могло катапультироваться вместе с космонавтом, и в нем располагались парашютные системы, обеспечивающие мягкое приземление космонавта. Мягкая посадка могла быть совершена



Космический корабль «Восток».

и в кабине корабля. Все было предусмотрено для благополучного исхода великого эксперимента.

Представьте себе теперь, что вы заняли место первого космонавта. Перед вашими глазами — хитроумные устройства, обеспечивающие безопасность полета. Слева — пульт пилота с многочисленными выключателями. Прямо перед глазами — приборная доска с движущимся глобусом, который устроен так, что по нему космонавт видит, над каким районом Земли он летит. Небольшая телевизионная камера своим внимательным глазом постоянно следит за космонавтом и передает его изображения на Землю. На корабле их две: одна передавала изображение Юрия Гагарина в профиль, другая — анфас.

Иллюминатор, расположенный под телевизионной камерой, особенный: он снабжен специальным оптическим ориентиром. Когда корабль ориентирован относительно вертикали пра-

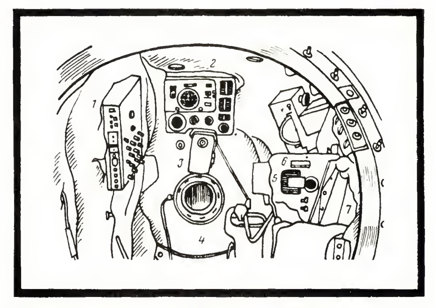
вильно, космонавт видит изображение горизонта в форме кольца.

Космонавт мог сам вручную управлять полетом космического корабля — справа в кабине на рисунке видна ручка, с помощью которой можно (включая бортовые двигатели) придать кораблю любую ориентацию. Тут же, поблизости, помещены радиоприемник и контейнеры с пищей.

Юрий Гагарин совершил один виток вокруг Земли, хотя запасов пищи, воды и всего того, что необходимо для космонавта, хватило бы на десять суток. Но для первого небывалого опыта достаточно было и сделанного.

Вспомним основные данные первого пилотируемого космического полета. Ракета-носитель развила при выводе корабля на орбиту мощность в 20 миллионов лошадиных сил. Орбита «Восток» была эллипсом, апогей которой имел высоту 327 *км*, а перигей 181 *км*. Выбрали орбиту, наклоненную к плоскости земного экватора под углом 65°.

Весил «Восток» 4725 *кг*. Когда его с космодрома Байконур вывели на космическую орбиту, с ним поддерживалась посто-



Внутренний вид кабины корабля «Восток»: *1* — пульт летчика; *2* — приборная доска с глобусом; *3* — телевизионная камера; *4* — иллюминатор; *5* — ручка управления; *6* — радиоприемник; *7* — контейнер с пищей.



Юрий Алексеевич Гагарин.

янная радиосвязь. Радиоволны доносили голос Юрия Гагарина, его изображения, передавали сведения о характере движения корабля, позволяли прогнозировать его дальнейший полет.

Взлетевший к звездам первый космонавт оставался связанным с Землей не только ее притяжением, но и невидимыми электромагнитными «нитями», без которых немыслимы и сам полет да и вообще все дальнейшее проникновение человечества в Космос.

Космический корабль Юрия Гагарина был первым «домом на орбите».

ОТ «ВОСТОКА» ДО «СОЮЗА»

Космические корабли серии «Восток» оказались очень удобными для первых пилотируемых полетов. В начале августа 1961 года Герман Титов на корабле «Восток-2» много раз облетел нашу планету. Он выполнил большую программу научных наблюдений Земли из космоса и даже впервые заснял на кинопленку космические пейзажи.

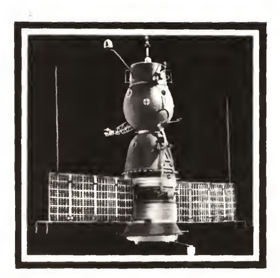
Еще год спустя, в августе 1962 года, на кораблях «Восток-3» и «Восток-4» Андриан Николаев и Павел Попович совершили первый групповой полет. Они переговаривались по радио друг с другом, и в этом полете родилось космовидение — непосредственная телевизионная передача из кабин космонавтов на Землю.

В июне 1963 года на «Востоке-5» и «Востоке-6» вышли в космос Валерий Быковский и Валентина Терешкова — первая и пока единственная в мире женщина-космонавт. Полет Быковского продолжался около пяти суток — по тем временам рекордная продолжительность пребывания в состоянии невесомости.

Это были необычные полеты! Все тут совершалось впервые, и первые шаги в космос (с сегодняшней точки зрения) были, естественно, робкими. Но именно эти шесть кораблей серии «Восток» проторили дорогу новым героям.



Валентина Терешкова в кабине космического корабля «Восток-6».



Космический корабль «Союз».

На смену первым космическим кораблям пришли новые корабли серии «Восход». Они были многоместными. Кроме спускаемого аппарата и приборного отсека, «Восход-2», например, имел шлюз для выхода в открытый космос. Напомним, что такой выход был совершен Алексеем Леоновым в марте 1965 года. А еще раньше, в октябре 1964 года, В. Комаров, К. Феоктистов и Б. Егоров на «Восходе» впервые во время полета находились в кабине без скафандров — это был первый полет экипажа из трех человек.

Корабли «Восток» и «Восход» подготовили почву для программы «Союз». Многоместные корабли серии «Союз» предназначены для длительных полетов, маневрирования, сближения и стыковки на орбитах и, наконец, для выполнения транспортных операций по обслуживанию орбитальных станций — доставки на них экипажей космонавтов и грузов. Надежды, на них возлагавшиеся, они полностью оправдали.

На рисунке изображена общая схема корабля серии «Союз». Обратите внимание прежде всего на спускаемый аппарат: у кораблей «Восток» и «Восход» он был шарообразным, а у «Союзов» кабина космонавтов по форме напоминает автомобильную фару. В отличие от шара такая форма при полете в атмосфере обеспечивает, как говорят специалисты, аэродинамическое качество: создает, как крылья самолета, подъемную силу. А эта особенность немаловажна — из-за нее при спуске на Землю снижаются перегрузки в 2—2,5 раза. Бортовые реактивные двигатели позволяют ориентировать нужным образом

спускаемый аппарат относительно набегающего потока воздуха.

Внутри кабины размещены кресла космонавтов, радиоаппаратура, системы жизнеобеспечения и аппаратура для активного управления полетом. Как и на корабле «Восток», кабина космонавтов имеет три иллюминатора, через которые ведутся наблюдения во время полета. Пользуясь специальным люком в верхней части кабины, можно перейти в орбитальный отсек корабля.

Этот отсек похож по форме на кабину корабля «Восток». Назначение же его иное. По существу, орбитальный отсек — это лаборатория, в которой проводят научные исследования, едят, отдыхают, занимаются физкультурой. В орбитальном отсеке четыре иллюминатора. Через них ведутся наблюдения и киносъемка. Здесь, в этом отсеке, также есть радиоаппаратура, системы жизнеобеспечения, сервант для пищевых продуктов.

Если космонавтам надо выйти в космос, орбитальный отсек используется как шлюз — в нем есть внешний люк, который открывается и автоматически и вручную. Общий объем двух помещений — кабины и орбитального отсека — около девяти кубометров.

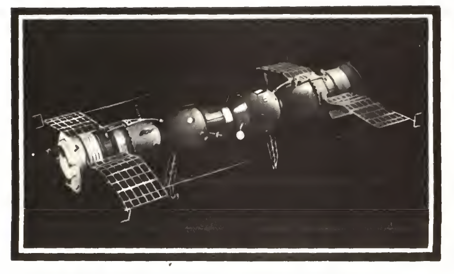
Над орбитальным отсеком виден стыковочный узел, а под кабиной — приборно-агрегатный отсек, где сосредоточены двигательные установки корабля и разная техника, обеспечивающая космонавтам почти земной комфорт: агрегаты системы терморегулирования, энергопитания, аппаратура радиосвязи, приборы для управления кораблем, а также счетно-решающие устройства.

Снаружи на приборно-агрегатном отсеке, кроме антенн, укреплены панели солнечных батарей, напоминающие крылья. От этих батарей, имеющих площадь 14 *кв. м.*, подзаряжаются бортовые химические электробатареи. На транспортных кораблях сейчас солнечные батареи не устанавливаются.

Корабли серии «Союз» — очень сложные и многоцелевые инженерные сооружения. Программа «Союз» начала выполняться еще в апреле 1967 года.

В январе 1969 года произошло важное событие в истории космонавтики: космические корабли «Союз-4» и «Союз-5» состыковались в космосе, образовав первую экспериментальную орбитальную станцию. В экипаж станции входили В. Шаталов, Б. Волынов, А. Елисеев и Е. Хрунов.

Станция обращалась вокруг Земли почти по круговой орбите на средней высоте 215 *км*. После стыковки Елисеев и Хрунов в скафандрах с автономными системами жизнеобеспечения совершили выход в открытый космос и впервые перешли из одного корабля в другой. В полете кораблей «Союз» и на об-



Состыкованные «Союз-4» и «Союз-5» — первая экспериментальная орбитальная станция.

разованной ими орбитальной станции постоянно велись различные научные наблюдения, что, впрочем, делается при каждом космическом полете.

Четыре с половиной часа работала в космосе первая орбитальная станция, после чего космические корабли расстыковались и возвратились на Землю.

В 1970 году А. Николаев и В. Севастьянов на корабле «Союз-9» осуществили рекордный по продолжительности 18-суточный полет вокруг Земли. Он доказал, что пребывание человека в космосе (если применять средства для укрепления мышц) может быть достаточно длительным.

Возникала новая трудная задача: создание особых, специально оборудованных долговременных орбитальных станций.

«САЛЮТЫ» НА ОРБИТАХ

Когда осенью 1957 года взволнованный мир следил за полетом крошечного первого искусственного спутника Земли, вряд ли кто-нибудь мог предположить, что спустя всего четырнадцать лет на околоземной орбите появится просторный космический дом, где смогут жить и работать сразу несколько космонавтов.

В апреле 1971 года в космосе появилась первая в мире советская долговременная орбитальная станция «Салют».

На Выставке достижений народного хозяйства в Москве каждый посетитель павильона «Космос» может не только осмотреть снаружи точную копию станции серии «Салют», но и побывать внутри ее, на несколько минут почувствовать себя космонавтом.

И размеры станции, и внутренний комфорт ее помещений, и сложность ее оборудования — все вызывает восхищение и чувство глубокого уважения к советским ученым и инженерам, создавшим ее. Воспользовавшись рисунком на стр. 93 попробуем разобраться в особенностях космической станции «Салют».

Сама по себе эта станция не может ни взлететь, ни совершить посадку. Ее выводят на околоземную орбиту, как огромный спутник. Однако в отличие от обычных спутников станция «Салют» может работать не только в автоматическом, но и в пилотируемом режиме. На рисунке изображены орбитальная станция «Салют» и состыкованный с ней корабль «Союз».

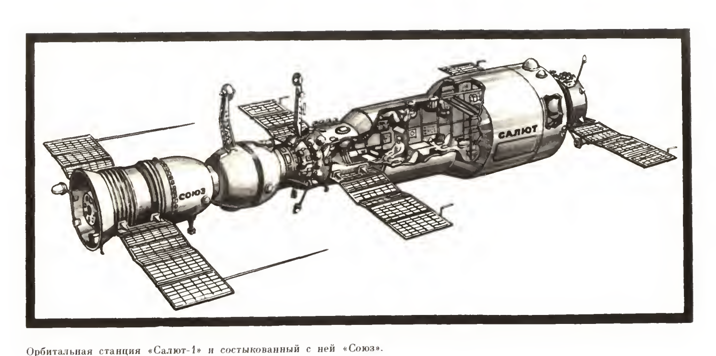
Коротко о внешних характеристиках этого комплекса. Общая масса системы «Салют» — «Союз» — 25,6 *т*. Причем на долю «Салюта» приходится почти 19 *т*. Уже на первом из «Салютов» масса научных приборов составляла 1,2 *т*, а на последующих станциях этот груз был больше.

В стыкованном состоянии система «Салют» — «Союз» достигает в длину 23 *м*, причем на долю орбитального блока (то есть станции) приходится 16 *м*. В самой широкой своей части «Салют» имеет поперечник 4,15 *м*, а при раскрытых солнечных батареях — 11 *м*. Площадь солнечных батарей — 42 *кв. м*. Но особенно поражает общий объем внутренних помещений станции — около ста кубометров!

Станция «Салют» разделена на три отсека. Самый левый (на рисунке) и узкий из них — переходной. Длина этого цилиндра 3 *м*, диаметр 2 *м*. В его состав входит стыковочный узел, через который и космонавты и грузы могут попасть из корабля на станцию.

Переходный отсек — жилое помещение. Он герметичен, и в нем размещены научная аппаратура, системы жизнеобеспечения и терморегулирования. Тут же находится и пункт управления станции, а снаружи переходного отсека укреплены солнечные батареи, антенны, телекамера и разные датчики. В отсеке «Салюта-1» установлена астрономическая обсерватория «Орион», включающая зеркальный телескоп диаметром 28 *см*, спектрографы и другие приборы. Шесть иллюминаторов отсека позволяют вести наблюдения Земли и космоса.

Через специальный люк из переходного отсека можно перейти в рабочий отсек. Это самое большое из помещений станции. Рабочий отсек состоит из двух цилиндров диаметрами в 2,9 *м* и 4,2 *м*, соединенных усеченным конусом при общей длине



Орбитальная станция «Салют-1» и состыкованный с ней «Союз».

в 9,1 *м*. Здесь находится множество приборов, обеспечивающих комфорт космонавтам. Отсюда, так же как и с переходного отсека, можно управлять станцией и отдельными ее устройствами. Сквозь любой из пятнадцати иллюминаторов видно все то, что происходит вне станции. Во время сна космонавты в спальных местах закрепляют себя в нужном положении, иначе при малейшем неосторожном движении спящий рискует «поплыть» по кабине. Невесомость дает себя знать на каждом шагу, и мы не раз видели на экранах телевизоров, как выпущенный из рук космонавта карандаш или другой предмет вместо привычного падения зависал в воздухе.

Хотя на станции можно спать и на «потолке» (кстати, что считать потолком?), конструкторы станции постарались сделать все, чтобы, несмотря на невесомость, обстановка на станции напоминала земную. Так, например, на «Салюте-3» условный пол был сделан темным и покрыт ворсовой дорожкой, условный потолок побелили, а стенам придали промежуточные тона.

На станции имеется «бегущая дорожка», бесконечная лента на двух вращающихся цилиндрах. Это один из тренажеров, то есть устройств, на которых тренируют свои мышцы обитатели станции. К ним принадлежит и неподвижный велосипед, или, точнее, велоэргометр, крутя педали которого космонавт ощущает такую же нагрузку, как при велопробеге. Без подобных устройств немыслим ни один долговременный космический полет. Так будет до тех пор, пока на орбитальных станциях не создадут искусственную тяжесть.

Пока же приходится прибегать к разным ухищрениям. Чтобы «бежать по дорожке», космонавт с помощью специальных ремней предварительно прижимает себя к этой дорожке с силой, равной примерно 60% своего земного веса. Иначе не побежишь! Доставляют хлопоты космонавтам и их нагрузочные костюмы, не дающие покоя мышцам. Все это не всегда приятно, хотя и необходимо.

А вот рацион на станциях «Салют» может удовлетворить любого гурмана. Так, например, на станции «Салют-3» космонавты, питаясь, получали в сутки около 3000 килокалорий. И принимали они в себя эти калории в форме вполне земной. Их меню включало в себя борщ, щи, кофе с молоком, творог с черной смородиной, белый хлеб, ветчину, коврижку с медом...

За рабочим отсеком находится агрегатный отсек. Так как он предназначен для размещения топливных баков и бортовых двигателей, нужды в его герметизации нет. Внешняя поверхность этого отсека, как и других, используется для установки солнечных батарей, антенн, телекамеры и разных научных приборов.

Подобно тому как от марки к марке совершенствовались автомобили, с каждым запуском станций серии «Салют» их «начинка» становилась более совершенной. Несколько менялся и внешний облик.

Так, на «Салюте-3» были установлены подвижные панели солнечных батарей. Какое бы положение в пространстве ни занимала станция, специальный механизм постоянно ориентировал панели так, чтобы солнечные лучи падали на них перпендикулярно. При таком положении панелей батареи дают наиболее мощный ток, что обеспечивает наилучшее энергоснабжение станции.

На «Салюте-4» использовалась установка, дающая очень чистую воду из отходов жизнедеятельности экипажа. Удалось хотя бы частично организовать на станции замкнутый круговорот воды — первый шаг по осуществлению в «эфирных поселениях» полностью замкнутых экологических циклов.

На том же «Салюте-4» успешно работали две шлюзовые камеры для отбросов. С помощью специальных устройств «выстреливали» контейнеры с мусором так, что, снижаясь к Земле, они сгорали в атмосфере.

Одним из важных усовершенствований на «Салюте-4» была автономная система навигации. С ее помощью космонавты получают все сведения об орбите станции и ее положении в пространстве в данный момент.

Стоит еще упомянуть необычный космический костюм «Чибис», надев который космонавты «обманывали» невесомость. Как известно, на Земле сердце гонит кровь к голове, а вниз она опускается за счет силы тяжести. В условиях невесомости тяжести нет, и кровь приливает к голове, что вызывает весьма неприятные ощущения. Костюм «Чибис» имеет собранные в гармошку штаны и плотно прилегающий к телу пояс. Специальный компрессор выкачивает воздух из штанов и создает внутри них пониженное давление, что заставляет кровь отливать от головы к нижней половине тела.

Роль вычислительной техники на станциях «Салют» очень велика. Так, например, на «Салюте-5» работала электронно-вычислительная машина, руководящая работой всех приборов станции без участия экипажа. Еще раз напомним, что все станции серии «Салют» могут работать как в пилотируемом, так и в автоматическом режиме.

Событием в космонавтике стал запуск на орбиту в 1977 году космической станции «Салют-6». В отличие от своих предшественниц эта станция имеет два стыковочных узла, благодаря которым удалось создать на орбите сооружение из трех аппаратов — двух кораблей «Союз» или, скажем, корабля «Союз» и «Прогресс» и находящейся между ними станции.



Георгий Гречко и Юрий Романенко внутри станции «Салют-6».

Любопытны некоторые детали.

За центральным постом управления «Салют-6» — столовая. Две откидные крышки образуют обеденный стол. Тут же рядом — подогреватели для пищи, а к столу подведена горячая и холодная вода.

Для физических упражнений — уже знакомые нам «бегущая дорожка» и велоэргометр, который укреплялся на «потолке»! А вот и новшество — баня. Чем-то она напоминает известный душ Шарко. Собственно, космическая баня и есть душ, под напором поливающий тело космонавта струями горячей воды. А чтобы капельки не плавали по кабине (и они невесомые!), во время мытья включают особый компрессор, отсасывающий капельки «вниз».

Космонавтам необходимо здоровье не только физическое, но и душевное. Скука, уныние и в земной обстановке мало приятны как для себя, так и для окружающих. А в космосе они просто недопустимы. Вот почему создатели станций «Салют» не забыли и о развлечениях для космонавтов.

На «Салюте-6» установлен видеомагнитофон, на котором можно в свободную минуту посмотреть интересные, а иногда и веселые кинофильмы, телевизор, позволивший впервые видеть прямые передачи с Земли. Приятно услышать в космосе и записи хороших песен, и голоса оставшихся на Земле родных. Все предусмотрено для полноценного отдыха космонавтов.

Два стыковочных узла «Салюта-6» — важные детали конструкции. Если, например, окажется неисправным один стыковочный узел, можно воспользоваться другим. В случае, скажем, пробоя метеором корабля «Союз», пристыкованного к станции, для возвращения космонавтов на Землю можно послать к «Салюту» другой «Союз», «Салют-6» может принимать два корабля одновременно.

Чем дольше работает на станции ее экипаж, тем больше он тратит кислорода, топлива для двигателей и другие полезные материалы. Наступает момент, когда расходы должны быть как-то восполнены. На «Салюте-6» это было сделано с помощью автоматических грузовых транспортных кораблей «Прогресс».

Внешне «Прогресс» похож на «Союз», основа которого и была использована при конструировании грузового корабля. Все, что в «Союзе» предназначено для космонавтов и их жизнеобеспечения, на «Прогрессе», естественно, отсутствует. Основной отсек этого корабля — грузовой, имеющий объем 6,6 *куб. м.* В нем можно разместить 1300 *кг* сухих грузов и около тонны топлива для двигателей. Грузовой корабль свабжен разными автоматами, которые по радиокоманде с Земли осуществляли сближение со станцией «Салют» и стыковку с ней.

«Прогрессы» доставляли на «Салют-6» пищу для космонавтов, топливо для двигателей, запасы воздуха и многое, многое другое, в чем нуждались космонавты. В свою очередь обитатели станции грузили его всем ненужным и отработанным, что накопилось на станции. Выполнив роль мусороочистителя, «Прогресс» отстыковался от «Салюта-6» и с помощью своих бортовых двигателей направлялся к Земле. По программе не сгоревшие в атмосфере остатки корабля должны быть затоплены в пустынном районе Тихого океана.

17 июня 1978 года корабль «Союз-29» с космонавтами В. В. Коваленко и А. С. Иванченковым на борту пристыковался к временно пустовавшему «Салюту-6». Начался героический, длительный космический орбитальный полет, продолжавшийся 140 суток! Для обеспечения нормальной работы космонавтов к орбитальному комплексу «Союз-29» — «Салют-6» были посланы последовательно три грузовых корабля: «Прогресс-2», «Прогресс-3», «Прогресс-4». Они доставили на комплекс топливо, аппаратуру, расходуемые материалы и все необходимое для нормальной жизнедеятельности космонавтов. Без грузовых космических кораблей длительный 140-суточный полет был бы невозможен. Работа «Прогрессов» уменьшает расходы, обеспечивает активную работу долговременных крупных космических станций.

Но и их рекорд вскоре был превзойден. Космонавты Влади-

мир Ляхов и Валерий Рюмин в 1979 году успешно проработали на «Салюте-6» почти полгода.

Опыт с грузовыми кораблями типа «Прогресс» вполне себя оправдал. Теперь обитатели «Салютов» могут не беспокоиться о непрерывно уменьшающихся в ходе работы запасах пищи и других полезных веществ. В нужный момент с Земли очередной «Прогресс» доставит все необходимое и уберет то, что отслужило свой срок. Тем самым работа на станции может продолжаться достаточно долго. Третья экспедиция Владимира Ляхова и Валерия Рюмина длилась 175 суток, и этим теперешние «Салюты» стали походить на космические поселения будущего.

В июне 1980 года на космическую орбиту был выведен усовершенствованный транспортный космический корабль «Союз-Т-2». Его пилотировали космонавты Ю. Малышев и В. Аксенов. Новый корабль мог работать в четырех режимах системы спуска — двух управляемых (автоматическом и ручном) и двух баллистических (основном и резервном). По сравнению с предыдущими кораблями серии «Союз» новый транспортный корабль был оснащен самыми совершенными техническими устройствами.

Еще ранее, в апреле 1980 года, на станции «Салют-6» сверхдлительный полет начали космонавты Л. Попов и В. Рюмин.

Этот рекордный 185-суточный полет был успешно завершен.

К концу 1980 года были подведены знаменательные итоги: за четыре года полета в космосе орбитальная станция «Салют-6» приняла 14 экспедиций с участием 28 космонавтов. Среди экипажей станции было семь международных. Представители ЧССР, ПНР, ГДР, НРБ, ВНР, СРВ, Республики Куба в дружеском сотрудничестве с советскими космонавтами успешно выполнили намеченные программы. Со станцией «Салют-6» состыковалось 25 космических кораблей.

При вручении наград летчикам-космонавтам СССР Л. И. Попову и В. В. Рюмину, проявившим высокое мастерство, отличные знания сложной техники, мужество и героизм во время выполнения 185-суточной программы научно-технических исследований и экспериментов на борту орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз», Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежнев сказал: «...Мы выступаем за самое широкое взаимодействие с другими государствами в космических исследованиях. Космос может и должен объединять жителей земли, развивать понимание того, что люди живут на одной планете, и от них зависит, чтобы эта планета была мирной и цветущей».

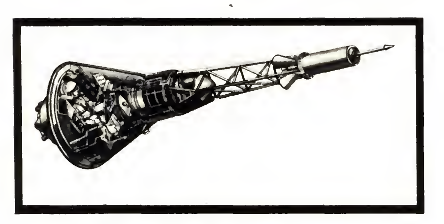
ЭКСКУРСИЯ НА «СКАЙЛЭБ»

Первая и пока единственная американская космическая станция «Скайлэб» («Небесная лаборатория») появилась на околоземной орбите в мае 1973 года. Этому событию предшествовали полеты многочисленных искусственных спутников и космических кораблей.

Первый американский спутник «Эксплорер-1», запущенный в феврале 1958 года, обладал весьма вытянутой орбитой. В перигее он опускался до высоты 347 *км*, а в апогее удалялся от земной поверхности на 1820 *км*. При такой орбите «Эксплорер-1» периодически вторгался в нижнюю часть поясов радиации, и его приборы впервые обнаружили существование этих поясов. Последующие американские спутники отличались большим разнообразием орбит, размеров и назначений. Как и наши спутники, они несли самую разнообразную службу, помогая человеку в его земных делах и в изучении космоса.

К запуску человека в космос американцы готовились долго и упорно. Была разработана капсула «Меркурий», представляющая собой миниатюрный одноместный космический корабль. Форма капсулы — усеченный конус с диаметром основания 1,8 *м* и длиной 2,9 *м*. Первая из капсул серии «Меркурий» весила 1,4 *т*. Впоследствии, усовершенствуя «начинку» капсул, их вес довели до двух тонн.

В «Меркурии» астронавт (так называют американцы пилотов своих космических кораблей) располагается в специальном кресле, выполненном точно по его фигуре, чтобы при перегрузках давление распределялось равномерно на все части



Американский космический корабль «Меркурий».

тела. Во время полета, как и на наших первых космических кораблях, пилот облачался в скафандр.

На корабле «Меркурий» имелась система жизнеобеспечения, создающая астронавту необходимый комфорт, прежде всего — искусственную атмосферу и приемлемую температуру. Первые корабли серии «Меркурий» были без иллюминаторов. Астронавт использовал перископ, обычный прибор подводных лодок. Когда корабль выходил на орбиту, через перископ астронавт видел Землю. Корабль имел автоматическое и ручное управление (на всякий случай, если автоматы выйдут из строя).

На переднем конце капсулы расположен парашютный отсек, используемый при посадке. В отличие от советских космических кораблей американские с самого начала были рассчитаны на приводнение. Парашютная система и бортовые двигатели при спуске на Землю тормозили капсулу, но, конечно, не до нуля. Она падала в океан, погружаясь на некоторую глубину, а затем всплывала, как пробка. Хорошая плавучесть — вот качество, которым должны обладать корабли, садящиеся на воду.

В начале мая 1961 года с мыса Канаверал (Флорида) в капсуле «Меркурий» был наконец отправлен в полет астронавт Шепард. Назвать этот полет космическим нельзя. Капсула с Шепардом не совершила ни одного оборота вокруг Земли. Подобно брошенному камню, она взлетела по параболе, поднявшись вверх на 184 *км*. Полет продолжался всего 10 минут, и капсула приводнилась в 486 *км* от места запуска.

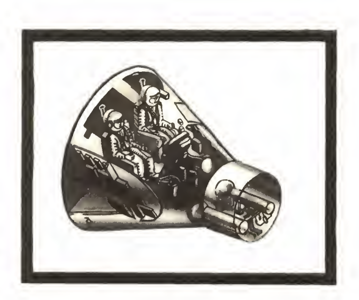
Этот баллистический полет, ничем не отличавшийся от полета снаряда или баллистической ракеты, все же позволил Шепарду испытать и нечто «космическое». При взлете он перенес шестикратную перегрузку, с силой прижавшую его к креслу. А потом несколько минут продолжалось необычное состояние невесомости, снова сменившееся усиленным весом при входе капсулы в воду.

В июле 1961 года астронавт Гриссом совершил второй баллистический полет. И только 20 февраля 1962 года, спустя 10 месяцев после полета Юрия Гагарина, американский астронавт Джон Гленн на корабле «Меркурий» вышел в настоящий космос. Он совершил три витка вокруг Земли, поднимаясь в апогее до 257 *км*. Его корабль имел иллюминатор, через который космонавт наблюдал и фотографировал Землю.

В середине 1963 года были введены в эксплуатацию новые корабли «Джемини» («Близнецы»).

По форме и устройству они напоминали своих предшественников, но превосходили их в размерах. Диаметр основания корабля «Джемини» 2,3 *м*, длина 5,7 *м*. Весили корабли этой серии около трех с половиной тонн.

В кабине капсулы «Джемини» рядом друг с другом, схо-



Космический корабль «Джемини».

жие, как близнецы, сидели в креслах два космонавта. Передняя часть капсулы, содержащая бортовые двигатели и оборудование, при спуске на Землю отделялась от корабля. При полете в космосе корабли «Джемини» могли маневрировать, сближаясь с другими кораблями. Достигалось это как с помощью ручного управления, так и автоматически. Система жизнеобеспечения нового корабля предназначалась для сравнительно длительных полетов — до 14 суток.

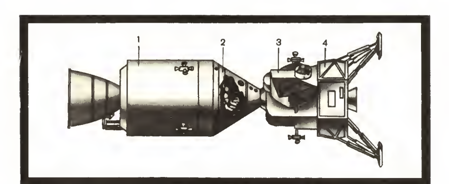
Первый космический полет на корабле «Джемини» был совершен в марте 1965 года. А в июле того же года из корабля «Джемини-4» астронавт Уайт совершил 20-минутный выход в открытый космос. На «Джемини-11» в 1966 году астронавты достигли рекордной высоты полета — 1370 *км*. В следующем, 1967 году на смену «Близнецам» пришли новые корабли серии «Аполлон».

С кораблями «Аполлон» связаны наибольшие успехи американской космонавтики. Именно на них астронавты облетели Луну, а затем высадились на ее поверхность. Напомним, что первыми посетителями Луны были астронавты Армстронг и Олдрин, ступившие на ее поверхность 21 июля 1969 года. Доставил их туда космический корабль «Аполлон-11». С помощью кораблей «Аполлон» стала действовать в космосе орбитальная станция «Скайлэб». Наконец, стыковка на орбите в 1975 году кораблей «Союз» и «Аполлон» ознаменовала собой сотрудничество двух великих держав в освоении космоса.

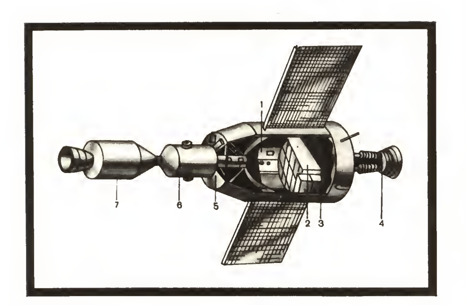
Корабль «Аполлон» состоит из трех отсеков — командного, служебного и лунного. Первый их них похож на корабль «Джемини», но крупнее его и массивнее (вес 5,6 *т*). Высота отсека (3,4 *м*) близка к диаметру основания. Он рассчитан на трех астронавтов, которые отсюда ведут управление кораблем. В двигательном отсеке весом около 23 *т* размещена двигательная система, развивающая значительную тягу. Третий лунный отсек предназначен лишь для лунных экспедиций. В нем находится лунная кабина, способная совершать посадку на Луну и самостоятельный взлет с лунной поверхности. Астронавты, пилотирующие лунную кабину, с помощью ее двигателей совершали маневры. В «лунном» варианте «Аполлон» состоял из двух кораблей. При полетах же в окрестностях Земли третий отсек не нужен, и корабль «Аполлон» работал только с двумя отсеками.

Современные космические корабли не могут сами взлетать в космос. Их выводят туда ракеты-носители. Самой мощной из них пока остается ракета «Сатурн-5», с помощью которой были осуществлены первые лунные экспедиции. Поставленная вертикально ракета вместе с кораблем «Аполлон» имеет высоту 115 *м* — более трети высоты Останкинской телебашни. Ракетный блок последней ступени этой ракеты и был превращен в орбитальную станцию «Скайлэб». Транспортным же кораблем, доставившим экипаж на станцию, был корабль «Аполлон», разумеется, без лунной кабины.

Основной цилиндрический блок станции при диаметре в 6,6 *м* достигает в длину 14,6 *м*. Он разделен на два отсе-



Космический корабль «Аполлон»: *1* — обслуживающий отсек; *2* — командный отсек; *3* — взлетная часть лунного отсека; *4* — посадочная часть лунного отсека.



Орбитальная станция «Скайлэб»: *1* — лабораторный отсек; *2* — перегородка; *3* — бытовой отсек; *4* — двигатель станции; *5* — шлюзовая камера; *6* — причальная конструкция; *7* — транспортный корабль «Аполлон».

ка — бытовой и лабораторный. Первый состоит из четырех помещений. Одно из них — спальня из трех кабин (по числу астронавтов). В каждой кабине имеется шесть небольших шкафчиков и спальный мешок, прикрепленный перпендикулярно полу. Спать астронавтам приходится стоя, что, впрочем, в условиях невесомости совершенно неважно — в любом положении ощущения будут одинаковыми... Каждая кабина зашторивается во время сна, и это создает некоторое подобие земного уюта. Рядом со спальней — туалет. Любопытен умывальник: шар, имеющий два отверстия для рук с резиновыми рукавами. Сделано это для того, чтобы брызги не разлетались по станции. Могут мыться астронавты и с помощью обычных губок.

Комната отдыха одновременно служит и столовой. Здесь есть стол с нагревателями для пищи, холодильники, краны с питьевой водой. Укреплены на «полу» и четыре кресла — три у стола, а одно у иллюминатора, в который можно наблюдать и фотографировать Землю. Тут же небольшая библиотека и магнитофон — непременные принадлежности всех орбитальных станций.

«Спортзал» станции имеет площадь около 17 *кв. м*. Здесь есть и специальные костюмы, и знакомый нам велоэргонометр. Но только деловые американцы к осям этого «велосипеда» присоединили небольшие электрогенераторы, так что, крутя педали, астронавты не только развивают свои мышцы, но и подзаряжают электробатареи станции. Тут же, в спортивном отделении, находятся многочисленные медицинские приборы, контролирующие состояние астронавтов.

Лабораторный отсек вдвое больше бытового. В нем размещены приборы для разных экспериментов. Кстати сказать, и на советских «Салютах» и на «Скайлэбе» всюду есть поручни и скобы, за которые можно придерживаться, «плавая» по станции. Очень помогают уберечься от резких перемещений и пристегивающиеся страховочные пояса.

Основная цилиндрическая часть станции «Скайлэб» переходит в шлюзовую камеру, имеющую форму усеченного конуса, и стыковочный узел — цилиндр значительно меньшего диаметра, чем основной блок станции.

В шлюзовой камере размещены системы жизнеобеспечения станции, но предназначены они главным образом для перехода в причальную конструкцию и выхода астронавтов в открытый космос. В камере несколько иллюминаторов и три люка. Один из них ведет в космос, другой — в основной блок, третий — в причальную конструкцию, которая имеет два стыковочных узла: один на торце, а другой, запасной, на боковой стенке. В рабочем состоянии к станции «Скайлэб» пристыкован корабль «Аполлон».

Отметим некоторые любопытные детали. Атмосфера в «небесной лаборатории» такая же, как на Земле: кислородно-азотная. Во время работы внутри станции температура поддерживалась на уровне примерно 21°С. Снаружи станция была частично прикрыта метеорным экраном, который не только защищал станцию от ударов микрометеоритов, но и служил отражателем в системе терморегулирования.

Электроэнергией станцию снабжали солнечные батареи и бортовые аккумуляторы. Интересно отметить, что на «Скайлэбе» нет бортовых двигателей. Маневры можно осуществлять лишь с помощью пристыкованного к станции «Аполлона».

На станции работали посменно три экипажа. Они провели множество важных экспериментов и получили новые ценные данные о Земле и космосе. Последний из них пробыл на орбите 84 дня. После этого станция была законсервирована. Станция вошла в атмосферу Земли. Несгоревшие ее части 11 июля 1979 года упали в Индийский океан и на юго-западную часть Австралии.

РУКОПОЖАТИЕ В КОСМОСЕ

С наступлением космической эры возникло и космическое право — новая область деятельности юристов, регулирующая взаимоотношения государств в космосе.

Прежде всего предстояло решить вопрос, кому принадлежат небесные тела.

История географических открытий полна случаев, когда государствами и частными лицами присваивались не только необитаемые земли, но и страны, заселенные их коренными обитателями. Некоторые опасались, что освоение космоса будет печальным повторением в огромных масштабах этой старой истории, где подчас единственным правом на обладание землей и людьми было право сильнейшего, право кулака. Кое-кто из зарубежных юристов поначалу пустился в пространные рассуждения насчет того, какими размерами и массой должно обладать небесное тело, чтобы оно могло быть присвоено.

Советский Союз твердо отстаивал совершенно ясную позицию: небесные тела не могут быть присвоены каким-либо государством или тем более частной организацией. Космическое пространство и небесные тела должны быть доступны для мирного исследования всем государствам нашей планеты. Не борьба за обладание космосом, а мирное содружество в его освоении — вот что должно лечь в основу космического права.

Инициатива Советского Союза в конце концов была поддержана и другими государствами. В декабре 1963 года Генеральная Ассамблея ООН приняла декларацию, в которой говорилось, что «государства рассматривают космонавтов как посланцев человечества в космос и оказывают им всемерную помощь в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки на территории иностранного государства или в открытом море».

В том же 1963 году в США был подписан договор о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах: в атмосфере, под водой и в космическом пространстве. А четыре года спустя, в 1967 году Советский Союз, США и многие другие государства заключили договор «О принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела».

Согласитесь, что даже для нашего привыкшего к космическим научным сенсациям сознания все-таки пока непривычно звучат вполне официальные и совершенно серьезные заявления о том, что «космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, не подлежат национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами».

Это соглашение и ряд других свидетельствуют о растущем сознании планетарного единства всего рода человеческого. Посланцы человечества, земляне — именно так должны мыслить о себе представители новой, рождающейся космической цивилизации. Содружество и мир — главные принципы советской внешней политики — нашли воплощение и в первых успехах космического права.

Международное сотрудничество в освоении космоса началось, в сущности, уже тогда, когда во многих странах ловили и изучали сигналы первых наших искусственных спутников Земли.

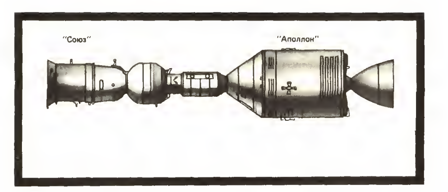
Сегодня непосредственно в освоении космоса, кроме Советского Союза и США, участвуют ряд государств. Англия, Франция, Китай и Япония запускают спутники с помощью своих ракет. Другие страны (Австралия, Индия, Италия, Канада, ФРГ, Швеция) самостоятельно создают лишь сами спутники, а выводят их на космические орбиты с помощью ракет-носителей других стран.

Уже второй десяток лет действует «Интеркосмос» — программа международного сотрудничества в изучении космоса социалистических стран: Болгарии, Венгрии, ГДР, Кубы, Вьетнама, Монголии, Польши, Румынии, СССР и Чехословакии. В рамках программы «Интеркосмоса» выведены на орбиту много спутников, запущены геофизические ракеты «Вертикаль». Развивается сотрудничество и с капиталистическими странами. Так, например, на советских луноходах были установлены и работали французские приборы (уголковые отражатели). Проведены и другие советско-французские эксперименты в космосе.

Примером для будущего стал совместный полет в космосе первой экспериментальной международной орбитальной станции «Союз» — «Аполлон».

К этому полету и советские и американские специалисты тщательно готовились несколько лет. Наши космонавты не один раз побывали в американском Центре пилотируемых полетов, а американские астронавты — в Советском Союзе. Они много раз вместе проводили тренировки. 15 июля 1975 года с космодрома Байконур на околоземную орбиту вышел корабль «Союз-19». Его пилотировал экипаж в составе Алексея Леонова и Валерия Кубасова. Через несколько часов с мыса Канаверал был запущен в космос американский корабль «Аполлон». В нем находилось трое астронавтов — Т. Стаффорд, В. Брандт и Д. Слейтон.

Задача предстояла необычная. Надо было выйти на «монтажную» орбиту, сблизиться с «Союзом» и состыковаться с ним. Стыковочные устройства у советских и американских кораблей разные, и потому пришлось затратить немало усилий, чтобы



Международная орбитальная станция «Союз»-«Аполлон».

создать новые стыковочные узлы, которые годились бы для двух кораблей сразу.

Сделав несколько витков, «Союз» и «Аполлон» наконец подошли совсем близко друг к другу. Когда расстояние между ними сократилось до десяти метров, причаливание «Аполлона» осуществлялось астронавтами вручную. Этому сложному маневру помогала специальная стыковочная мишень, установленная на «Союзе».

Наконец наступило долгожданное событие. 17 июля 1975 года в 19 часов 12 минут по московскому времени «Союз» и «Аполлон» состыковались в космосе, образовав первую международную орбитальную станцию. Спустя три часа советские космонавты открыли люк, ведущий в стыковочный узел «Аполлона», и в этом люке, выплыв навстречу, Леонов и Стаффорд пожали друг другу руки.

Рукопожатие в космосе представителей двух великих космических держав!

На станцию «Союз»—«Аполлон» пришли с Земли две радиограммы — Генерального секретаря КПСС Л. И. Брежнева и Президента США Дж. Форда. Экипажи двух кораблей обменялись государственными флагами своих стран, подписали некоторые официальные документы и после этого приступили к научной работе.

Двое суток работали вместе экипажи кораблей «Союз» и «Аполлон». За это время все космонавты побывали на «чужой» половине станции. Были выполнены некоторые намеченные заранее наблюдения и проведены совместные эксперименты.

19 июля корабли расстыковались и отошли друг от друга на двести метров. В этот момент «Аполлон» отбросил тень на

«Союз», и советские космонавты смогли сфотографировать возникшее искусственное солнечное затмение. Снимки показали, что такого рода затмения, которые иногда можно создать в космосе, очень удобны для изучения солнечной короны — самой внешней части атмосферы Солнца.

Затем корабли вновь состыковались, причем на этот раз активная роль перешла к «Союзу». Стыковочные узлы работали отлично. После вторичной расстыковки «Союз» и «Аполлон» начали раздельный полет и спустя некоторое время приземлились в заранее намеченных пунктах.

Полет кораблей «Союз» и «Аполлон» — важный акт международного сотрудничества в космосе. Нет сомнения, что в космических городах будут жить и работать люди разных национальностей и граждане разных стран. Космос открыт всему человечеству.

В марте 1978 года к станции «Салют-6», на которой уже третий месяц работали космонавты Гречко и Романенко, пристыковался корабль «Союз-28», пилотируемый первым международным экипажем: нашим космонавтом Алексеем Губаревым и капитаном Народной армии ЧССР Владимиром Ремеком.

28 июня 1978 года с орбитальной станцией «Салют-6» состыковался корабль «Союз-30», пилотируемый международным экипажем в составе П. И. Климука и гражданина Польской Народной Республики Мирослава Гермашевского.

Спустя почти два месяца, 27 августа 1978 года, на «Салют-6» был доставлен еще один международный экипаж — В. Ф. Быковский и гражданин Германской Демократической Республики Йен Зигмунд. 10 апреля 1979 года на орбиту был выведен корабль «Союз-33», на борту которого работали Н. Н. Рукавишников и первый космонавт Болгарии Георгий Иванов.

Международное сотрудничество в освоении космоса продолжается.

В июне 1980 года на советских космических летательных аппаратах в содружестве с советскими космонавтами работал первый космонавт Венгрии Б. Фаркаш и первый космонавт Вьетнама Фам Туан. В сентябре того же года на «Салюте-6» работал первый кубинский космонавт Арнальдо Мендес.

НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ

В ту пору, когда спутники только начинали разведывать околоземное пространство, возник спор о том, кому должна принадлежать решающая роль в освоении космоса — автоматам или человеку.

Кое-кто из энтузиастов техники уверенно заявлял, что автоматы со временем могут выполнять всё то же, что и человек. Однако при этом автоматы обладают неоспоримыми пре-

имуществами перед космонавтами. Автоматам не нужны сложные системы жизнеобеспечения. В отличие от человека автоматы лишены эмоций. Они не раздражаются, не устают, не испытывают чувства неуверенности или страха. Наконец, гибель автомата — потеря вещи, которую можно восполнить, тогда как гибель космонавта, как и всякая смерть любого человека, — непоправимая, трагическая утрата.

Может показаться, что сторонники использования автоматов правы. Спутники — космические автоматы хорошо зарекомендовали себя. Автоматические межпланетные станции сообщили подробные сведения о планетах, на которые человек полетит не скоро (Марс) или на которые экспедиции по современным представлениям невозможны (Венера, Меркурий, Юпитер). А когда наши автоматические станции серии «Луна» доставили лунный грунт на Землю, а советские луноходы стали совершать длительные рейсы по Луне и сообщать на Землю все, что видели электронные «глаза», могло создаться впечатление, что будущее в космосе принадлежит только автоматам.

Но такой вывод ошибочен. Человек обладает качествами, которые еще много лет (а может быть, и всегда) останутся недоступными автоматам.

Автоматы пока что умеют выполнять лишь частные, поставленные перед ними задачи. Их действия скованы той программой, которая в них заложена. Если неожиданно и резко изменилась обстановка, бездушный автомат в отличие от человека зачастую неспособен изменить линию своего поведения.

В скорости обработки поступающей извне информации современные автоматы, как правило, превосходят человека. Но зато гибкость человеческого мышления им недоступна. Человеческий мозг способен к таким обобщениям, к такому анализу своих ошибок и своих действий, которые у автоматов появятся не скоро. Творческие способности человека несравнимо совершеннее всего того, что умеют делать современные автоматы, и, вероятно, именно в творческой сфере человек навсегда останется непревзойденным.

Практика космических исследований доказала, что в освоении космоса успешно участвуют и будут участвовать как люди, так и автоматы. Задача состоит лишь в том, чтобы наилучшим образом использовать достоинства и тех и других. Содружество техники и людей — вот единственно правильное решение надуманного спора об автоматах и космонавтах. Какие же научные задачи решают экипажи космических кораблей, орбитальных станций и как это помогает земным делам человечества?

В каждом пилотируемом полете изучаются три объекта: космос, человек, Земля. На это изучение нацелено и все на-

учное оборудование космических кораблей и станций. Проверяется при этом, конечно, и работа космической техники на орбите.

Сначала — о космосе. С поверхности Земли он виден, как это ни парадоксально, очень плохо. Ведь земная атмосфера имеет всего два «окна прозрачности». Одно из них (оптическое) лежит в основном в области видимых лучей — от ультрафиолетовых до инфракрасных. Второе, более широкое «радиоокно» находится в области радиоволн. Точнее, атмосфера пропускает до поверхности Земли лишь те радиоволны, длина которых больше 1,25 *см*, но меньше 30 *м*. Для всех остальных лучей воздух непрозрачен. Можно лишь удивляться тому, что, наблюдая Вселенную много веков сквозь узкую щель «оптического окна», человек узнал о космосе так много.

С кораблей и станций небесные тела доступны во всех своих излучениях. Вот почему космонавты с помощью специальных телескопов прежде всего изучают то, что не видно или плохо видно с Земли: космические источники невидимых лучей — ультрафиолетовых, рентгеновских, гамма-лучей. Такие, казалось бы, хорошо знакомые тела, как Солнце, в невидимых лучах совсем неузнаваемы. Телескопы, воспринимающие невидимые лучи, не похожи, конечно, на обычные линзовые и зеркальные телескопы. Но все они устроены так, что невидимые лучи оставляют видимые следы (например, на фотопластинке).

Так как с космических орбит небесные тела видны лучше, полнее, то наблюдения космоса с корабля или орбитальной станции непременно открывают новые черты в жизни Вселенной. Иногда это какая-нибудь деталь, интересная только специалистам. Но чаще поступающие с орбиты новости имеют важное значение для наших общих представлений о мироздании.

Взять хотя бы космические источники рентгеновских лучей. Их известно уже более полутораста. Большинство из них обнаружено с космических орбит. Природа этих объектов может быть разной.

Прежде всего рентгеновские лучи испускают так называемые нейтронные звезды, возникающие при мощнейших взрывах некоторых звезд. Собственно, нейтронная звезда — остаток взрыва огромной, массивной звезды. По размерам нейтронные звезды очень малы — их поперечники близки к 10 *км*. Но плотность таких звезд невообразимо велика — «кусочек» нейтронной звезды объемом с булавочную головку весит несколько миллионов тонн!

Нейтронные звезды быстро вращаются вокруг своей оси, и по причинам, пока еще не вполне ясным, периодически меняется их излучение как в видимых, так и в невидимых лу-

чах. Эти «подмигивания» нейтронных звезд поначалу некоторые наблюдатели приняли за сигналы внеземных цивилизаций, и загадочные сигнализирующие объекты получили название пульсаров. Теперь общепризнано, что пульсары — тела вполне естественные и что, скорее, все они представляют собой быстро вращающиеся нейтронные звезды.

И все-таки здесь многое остается неясным, особенно причина очень ритмичных пульсаций. Некоторые исследователи считают, что нейтронные звезды покрыты твердой корой, периодически испытывающей «звездотрясения». Но звезда с твердой корой — это уже не звезда, и излучать видимые глазом лучи она не может. Предложены и другие гипотезы о пульсарах, но в чем заключается истина, покажут лишь дальнейшие исследования нейтронных звезд с космических орбит.

Другие рентгеновские источники, возможно, связаны с популярными сегодня «черными дырами». Под этим несколько странным термином астрономы понимают спавшиеся внутрь себя, сжатые до предела бывшие звезды.

Чем меньше радиус звезды (при одной и той же ее массе), тем больше сила тяготения на ее поверхности. Для любого тела существует так называемый гравитационный радиус, сжавшись до которого, тело приобретает плотность, значительно превышающую даже плотность нейтронных звезд. Для Солнца, например, гравитационный радиус близок к 3 *км*. Сжавшись еще сильнее, или, как говорят физики, уйдя под гравитационный радиус, звезда становится невидимой, так как свет из-за колоссальной силы тяготения на поверхности звезды не в состоянии покинуть эту поверхность. Возникает «черная дыра» — тело, невидимое ни в один телескоп (обычный, рентгеновский или какой-нибудь другой), но обладающее прежней массой.

Если до своего коллапса, то есть катастрофического сжатия, звезда была двойной, имеющей звезду-спутник, то, став «черной дырой», она способна породить рентгеновское излучение. Как показывают расчеты, излучать будет, разумеется, не сама «черная дыра», а газ, который она высасывает из атмосферы нормальной звезды-спутника.

Уже начались поиски таких излучающих (в указанном смысле) «черных дыр». Возможно, что они есть среди космических источников рентгеновских лучей. Но окончательное решение будет достигнуто лишь наблюдениями с космических орбит.

Не исключено, что когда-то, около 10 миллиардов лет назад, вся наблюдаемая нами Вселенная была сжата в комочек вещества с плотностью 10^{93} *г/см*^{3}. Затем по неизвестным причинам произошел взрыв, антиколлапс, и из этого комочка за миллиарды лет постепенно возникла расширяющаяся доныне Вселенная. Пока неясно, будет ли это расширение вечным

или когда-нибудь оно сменится сжатием, коллапсом, и Вселенная снова через невообразимо большое число миллиардолетий сожмется почти до нуля, в крошечный сверхплотный комочек.

Чтобы это выяснить, надо как можно точнее определить среднюю плотность вещества в космосе и его распределение в пространстве. От этих результатов зависят решения тех математических уравнений, которые описывают будущее Вселенной. Приоткрыть завесу над этим будущим помогут наблюдения с кораблей и орбитальных станций.

Как существо земное, возникшее в ходе эволюции земного органического мира, человек чувствует себя в космосе пока что неудобно. Мы слышим по радио и телевидению бодрые рапорты космонавтов о хорошем состоянии их в полете. Это состояние — результат не только предварительного отбора очень здоровых, крепких людей, но прежде всего тренировок перед полетом и специального режима в полете. Перед тем как отправить человека в космос, его испытывают «на прочность» во всех отношениях. Он не должен болеть клаустрофобией (боязнью небольших, закрытых помещений), у него не должно быть каких-либо болезненных явлений из-за шума и вибраций при запуске. От тяжелых перегрузок он должен безболезненно перейти к полной невесомости, непривычной и вредной настолько, что без постоянных физических упражнений и других мероприятий на орбите здоровье космонавта при возвращении его на Землю окажется под угрозой. Все старания создателей космической техники направлены сегодня и будут направлены впредь на создание для человека в космосе земных условий и комфорта. А пока этого нет, каждый космический пилотируемый полет сопровождается непрерывным медицинским наблюдением за состоянием космонавтов. С помощью многочисленных датчиков за их здоровьем следят с Земли, наблюдают за собой и сами космонавты. Космическая медицина и космическая биология — вот две молодые науки, пополняющие багаж фактов при каждом пилотируемом полете.

Наконец, Земля — третий и, пожалуй, главный объект исследований. Много веков человек смотрел с Земли на небо. Теперь пришло время взглянуть на Землю с неба, с космических высот. И оказалось, что «с неба видно всё». Ну, разумеется, не буквально всё, а очень, очень многое, о чем мы раньше и не подозревали.

Как и спутники, пилотируемые полеты позволили уточнить географические карты, открыть кое-какие мелкие, ранее неизвестные детали рельефа или подробности в строении атмосферы и ее облачного покрова. Главная, однако, польза космических наблюдений Земли в другом. Человек впервые ощутил



Земля в небе Луны. Фотография с борта «Зонда-7».

ограниченность своего земного дома и понял, что наша планета — это космический корабль с экипажем в четыре с половиной (пока!) миллиарда человек. И, как каждый корабль, он имеет ограниченные запасы вещества и энергии. А отсюда неизбежен вывод: на Земле необходимо ввести режим космического корабля, то есть беречь природу, ее богатства, не загрязнять природную среду отходами промышленности и быта. Не бездумное и хищническое «покорение природы», а хозяйское, заботливое отношение к ней — вот норма, которой должно придерживаться современное человечество.

Когда-то, в XVII веке, знаменитый английский философ Роджер Бэкон сказал: «Покорить природу можно, только подчинившись ей». Конечно, он имел в виду не безропотное, рабски пассивное подчинение, а нечто иное — познание законов, управляющих земной природой, и использование этих законов на благо и человеку и Земле. Такое гармоничное, разумное отношение к природе и есть одна из черт коммунистического общества. К сожалению, реальная обстановка на Земле далека от этого идеала.

В поисках полезных ископаемых и охране земной природы роль наблюдений из космоса исключительно велика. С космических высот различимы такие черты строения земной коры, которые с Земли просто незаметны. Так, например, из космоса видно, что Уральский хребет продолжается далеко на юг и вовсе не оканчивается там, где принято рисовать его границу. По распределению различных горных пород удалось выявить новые, неизвестные ранее месторождения полезных ископаемых.

С космических орбит отлично видны границы снежного покрова, состояние грунта, готовность пастбищ для выгона скота и многое другое, очень важное для сельского хозяйства. Особенно хорошо различимы из космоса следы загрязнения океана и суши. С кораблей и орбитальных станций удобно следить за миграцией рыб и других животных, за состоянием лесов и полей, рек и озер. Вовремя поданный тревожный сигнал с орбиты помогает предотвратить бедствие, бросить силы туда, где положение чревато катастрофой.

Контроль за посевами, за состоянием леса, прослеживанием миграций животных и сведения о загрязнении среды, получаемые из космоса, уже дают ежегодный экономический выигрыш (по данным американской прессы) в 130 миллионов долларов. Еще больший экономический эффект дает разведка из космоса полезных ископаемых, изучение эрозии почв, землетрясений, наводнений — 620 миллионов долларов в год. Контроль рыбных ресурсов, предупреждение об опасностях для судов и прибрежных районов и прогноз состояния океана приносят ежегодно 800 миллионов долларов «прибыли». Самой же выгодной оказывается космическая служба погоды (изучение циркуляции атмосферы, предупреждение о стихийных бедствиях, прогноз погоды) — ее «отдача» равна миллиарду долларов в год.

В будущем ежегодный выигрыш от изучения Земли из космоса, как показывают расчеты, составит десятки миллиардов в год.

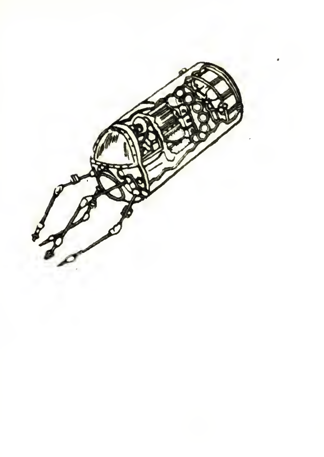
Космонавтика действенно служит человечеству!



НООСФЕРА ОБЖИВАЕТ КОСМОС

Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу.

В. И. Вернадский



ЦИОЛКОВСКИЙ И ВЕРНАДСКИЙ

Константин Эдуардович Циолковский и Владимир Иванович Вернадский. Два великих русских ученых и мыслителя. Две жизни, мало схожие по внешним обстоятельствам, но очень близкие по главному, идейному направлению творчества. Это общее — твердая убежденность в космической роли Земли и человечества.

В 1880 году 23-летний Циолковский успешно сдает экзамены на звание учителя физики и математики. За этим следуют четыре десятилетия учительства в средних учебных заведениях Боровска и Калуги. С 1920 года, на 64-м году жизни, Циолковский получает наконец возможность целиком заняться научным творчеством. И в эти годы, находясь, как прежде говорили, «на покое», Циолковский в небольших, но поразительно богатых идеями книгах пишет о своем понимании Мира. Прежние работы касались главным образом технических изобретений, закладывающих основы космонавтики. Последнее десятилетие своей жизни Циолковский посвящает своей, как он любил говорить, «космической философии».

Вот названия некоторых из этих философских работ: «Будущее Земли и человечества», «Любовь к самому себе или истинное себялюбие», «Воля Вселенной. Неизвестные разумные силы», «Растение будущего», «Ум и страсти», «Общественная организация человечества».

Циолковский писал:

«Ракета для меня только способ, только метод проникновения в глубину космоса, но отнюдь не самоцель. Будет иной способ передвижения в космосе — приму и его. Вся суть — в переселении с Земли и в заселении космоса. Надо идти навстречу, так сказать, космической философии!»

Конечно, далеко не все в этой космической философии

Циолковского для нас приемлемо и имеет ценность. Так, например, великий ученый считал атомы живыми существами, а организмы — государствами атомов. «Истинное себялюбие», по его мнению, состоит в том, чтобы заботиться о будущности атомов наших тел, которым предстоит после распада их «государства» рассеяться по Вселенной и войти в состав других тел. Каким образом атомы могут достичь «блаженства», об этом Циолковский написал немало страниц. Но не это заблуждение есть основа его космической философии. Главное в ней другое.

Циолковский рассматривал эволюцию, развитие Вселенной, как постепенное усложнение и совершенствование органического мира. Появление разумных существ и на Земле и на других планетах Циолковский считал не случайностью, а неизбежным результатом эволюции материи.

Но Разум не может ограничиться рамками той планеты, где он появился. Рано или поздно человечество преобразует Землю для своих практических нужд и обязательно выйдет за ее пределы. Начнется заселение сначала ближайших космических окрестностей Земли, а затем и всей Солнечной системы.

Вслед за первыми, робкими шагами в космос человечество начнет планомерное его освоение. Наступит момент, когда для строительства «эфирных поселений» придется использовать вещество планет, в том числе и Земли. Тогда наступит в полном смысле слова космическая эра в жизни человечества. Миллиарды миллиардов живых существ будут «роиться» в окрестностях Солнца, используя созданные ими космические жилища.

«Сейчас люди слабы, но и то преобразовывают поверхность Земли, — писал Циолковский. — Через миллионы лет это могущество их усилится до того, что они изменят поверхность Земли, ее океаны, атмосферу, растения и самих себя. Будут управлять климатом и распоряжаться в пределах Солнечной системы, как и на самой Земле. Будут путешествовать и за пределами Солнечной системы, достигнут иных солнц и воспользуются их свежей энергией взамен своего угасающего светила. Они воспользуются даже материалом планет, лун и астероидов, чтобы не только строить свои сооружения, но создавать новые живые существа».

Освоив Солнечную систему, человечество не остановится на этом. Оно устремится дальше, к звездам, постепенно отвоевывая для Разума всё новые и новые участки Вселенной. И тогда рано или поздно, но совершенно неизбежно произойдет контакт с другими разумными обитателями космоса.

Циолковский считал, что в мире нет ничего мертвого, а наоборот, всё живо — и атомы, и камни, и звезды. Разница лишь в чувствительности, в «сознательности» разных предме-

тов. В камне эта чувствительность неощутимо мала, в человеке Разум достигает высшего на Земле совершенства — самосознания. Неудивительна поэтому глубокая убежденность Циолковского в том, что Вселенная «кишит жизнью» и что в космосе есть великое множество разумных существ, внеземных цивилизаций. Некоторые из них (и таких, как полагал Циолковский, большинство) более совершенны, чем человечество, другие лишь в будущем достигнут того уровня, на котором находимся мы, земляне. Но всем цивилизациям космоса свойственна общая черта — преобразование, переделка Вселенной на благо ее разумным обитателям. Техническое могущество высокоразвитых цивилизаций вполне позволяет решать такие задачи.

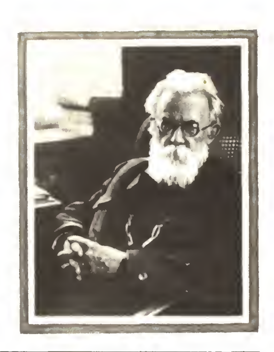
Как же представлял себе Циолковский возможные контакты между цивилизациями космоса?

Ему была глубоко чужда основная идея известного романа Герберта Уэллса «Борьба миров». Не космические войны и взаимное уничтожение, а дружба и сотрудничество в освоении Вселенной — вот цель, которую должны преследовать встречи космических цивилизаций. В своем знаменитом плане освоения космоса Циолковский писал, что со временем объединятся и «солнце», и «млечные пути», чтобы «заселить Вселенную совершенным миром для общей пользы... Объединение должно быть, ибо этого требуют выгоды существ. Если они зрелы, то разумны, а если разумны, то не станут сами себе делать зла».

В 1928 году в брошюре «Воля Вселенной. Неизвестные разумные силы» Циолковский писал: «Зрелые существа Вселенной имеют средства переноситься с планеты на планету, вмешиваться в жизнь отставших планет и сноситься с такими же зрелыми, как они». Иногда это вмешательство может быть негласным, тайным. По мысли Циолковского «зрелые», совершенные цивилизации могут и должны следить за жизнью «отставших в своем развитии планет, ускорять развитие низших цивилизаций и доводить их до уровня, при которых открытый контакт станет возможным». Преждевременное же вмешательство может дать плачевные результаты, что, по мнению Циолковского, в первую очередь относится к нашей планете. Он считал, что человечество еще не доросло до открытых, прямых контактов с инопланетянами. Явное их появление на Земле в наши дни может вызвать «переполох», панику.

«Мы, братья, убиваем друг друга, затеваем войны,— писал Циолковский.— Как же мы отнесемся к совершенно чуждым нам существам? Не сочтем ли их за соперников по обладанию Землей и не погубим ли самих себя в неравной борьбе?»

Отсюда великий ученый пришел к выводу, что контакты с другими цивилизациями космоса станут для человечества возможными и полезными только тогда, когда оно достигнет спра-



Владимир Иванович Вернадский.

ведливого и совершенного общественного устройства. Будучи убежденнейшим оптимистом, Циолковский считал, что объединение человечества с цивилизациями космоса наступит неизбежно, так как силы Разума безграничны и рано или поздно Разум наполнит совершенной жизнью все мироздание. Но космическая философия рождалась в Циолковском постепенно, с самых ранних лет. И именно она всю жизнь вдохновляла Циолковского на гениальные открытия и изобретения. Вселенная была для него царством жизни, Разума. Приобщение человечества к содружеству с космическими цивилизациями Циолковский считал главной целью земной истории.

Владимир Иванович Вернадский подошел к тому же миропониманию, что и Циолковский, но с иных исходных позиций. В 1885 году, 22-летним юношей, Вернадский окончил физико-математический факультет Петербургского университета. Оставленный при университете для подготовки к профессорскому званию, Вернадский уже пять лет спустя становится профессором минералогии и кристаллографии Московского университета. В 1908 году русская Академия наук избирает его своим действительным членом, то есть академиком, и Вернадский приобретает своими научными исследованиями всемирную известность.

За год до смерти, в 1944 году, Вернадский публикует свою последнюю работу «Несколько слов о ноосфере», которая подводит итог главной линии творчества Вернадского — доказательству огромной, космической мощи научной мысли, Разума.

В трудах Вернадского нет почти ни слова о космонавтике, о технических средствах освоения космоса. Как и Циолковский, Вернадский был ученым энциклопедического склада. Творческая мысль этих ученых охватывала самые различные, подчас весьма далекие друг от друга области познания. И все-таки Циолковский увековечил себя прежде всего как основоположник космонавтики. Главное, что обессмертило имя Вернадского,— его стройное, очень глубокое учение о живом веществе, о биосфере и о той сфере Разума, или ноосфере, в которую постепенно переходит современная биосфера Земли.

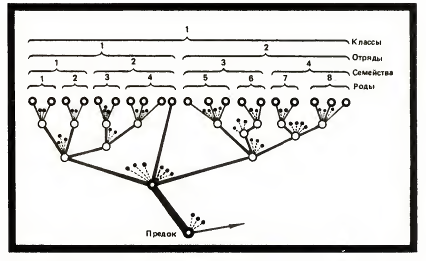
Циолковский нарисовал человечеству картину грядущей жизни и работы в космосе. Вернадский доказал, что выход человечества в космос подготовлен всей предшествующей историей Земли и ее органического мира. Он ничего не говорил о ноосферах других планет — главной теме философских работ Циолковского. Но для осмысления того, что происходит в космонавтике сегодня, и того, что ей предстоит в будущем, одинаково ценны труды и идеи как Циолковского, так и Вернадского.

ОТ БИОСФЕРЫ К НООСФЕРЕ

Мы не знаем, как возникла жизнь на нашей планете. Проблема эта принадлежит к числу труднейших. Приходится воссоздавать в своем сознании события, отдаленные от нашей эпохи на миллиарды лет. Трудности усугубляются еще и тем, что от первичных, простейших живых существ, положивших начало биосфере — «живой» оболочке Земли, — не осталось ничего. Лишь по косвенным данным и по аналогии можно высказать догадки, как из неживого возникло живое.

Большинство ученых считает, что на древней, еще безжизненной Земле постепенно образовывались всё более и более сложные химические соединения. Некоторые из таких, как мы называем их, органических веществ обнаруживают и в космосе — в метеоритах, атмосферах планет, межзвездной газово-пылевой среде. Это, конечно, не жизнь, но то, что предшествовало жизни.

В какой-то момент земной истории органические, весьма усложненные и даже внешне похожие на простейшие живые существа образования (биологи их называют коацерватами) обрели жизнь. Как произошел этот скачок от неживого к живому, как мертвые до этого желеобразные тельца стали живыми и способными по наследству передавать свои свойства, этого



«Древо эволюции». От общего предка возникают роды, семейства, отряды и классы.

наука не знает. Не исключено, как считал Вернадский, что жизнь никогда не возникала, что она вечна и всегда сосуществовала с мертвой материей, переносясь с одного космического тела на другие. Впрочем, объяснить, как именно происходила эта «транспортировка жизни», нисколько не легче, чем понять ее возникновение из неживого вещества.

Как бы там ни было, но уже 2—3 миллиарда лет назад на Земле появились простейшие живые организмы. Очень скоро (в геологических масштабах) жизнь заняла всю планету, охватив и сушу и океаны.

Экспансия, то есть безудержное распространение жизни, сопровождалась усложнением и совершенствованием ее форм.

В учебниках биологии, где рассказывается о развитии, эволюции биосферы, часто рисуют «древо эволюции». Основание этого «древа» отмечено первичными, простейшими организмами. По мере развития появляются новые разновидности живых существ. «Древо» обзаводится ветвями, и к нашей эпохе оно действительно приобретает сходство с огромным, развесистым дубом.

Корни «древа эволюции» уходят в неорганический мир. Его вершина представлена человеком. Но какое многообразие ветвей! Перед нами огромное «древо», выросшее из ничтожного «семени». Многие его ветви «тупиковые». Такова, например, ветвь насекомых, судя по всему достигших предела в своем развитии.

Секреты эволюционного прогресса были, как хорошо известно, в основном раскрыты Чарлзом Дарвином. «Три кита» дарвинизма — изменчивость, наследственность и естественный отбор — объясняют то, что́ до Дарвина считалось проявлением сверхъестественных сил. Работы Дарвина доказали, что современный органический мир, а следовательно, и человек, есть результат процесса развития, который длился миллиарды лет.

Естественный отбор подхватывает любое полезное для организма наследственное изменение и закрепляет его в потомстве. Этот природный механизм, по мнению Дарвина, не только объясняет прогрессивный характер эволюции в прошлом, но обеспечивает и будущий прогресс.

Разумеется, развитие человеческого общества подчиняется особым социальным законам и принципы дарвинизма здесь не могут быть использованы, но в отношении других живых существ прогнозы Дарвина вряд ли можно оспаривать.

«Материал» для естественного отбора поставляет изменчивость организмов. Эти случайные изменения либо отсекаются отбором (если они неудачны), либо дают начало новым ветвям «древа эволюции».

Экспансия, агрессивность жизни — характерная черта эволюции. Если бы внешние условия не мешали размножению некоторых организмов, они за чрезвычайно короткие сроки породили бы колоссальные массы живого вещества. Так, некоторые бактерии, размножаясь, за несколько суток могут дать потомство, равное по массе земному шару!

У высших организмов этот «напор жизни» хотя и ослаблен, но подчас проявляет себя весьма заметно. Жизнь всегда стремится занять как можно больше «места под Солнцем». С помощью обмена веществ живые организмы стремятся пропустить через себя и переработать возможно большее количество неживого вещества.

В истории земной жизни заметно проявилось и другое — великая тяга живых существ к объединению, к единству. На это обстоятельство впервые обратил внимание в 1880 году русский зоолог Н. Ф. Кесслер, по глубокому убеждению которого тяга к единству, стремление к взаимопомощи способствует прогрессивной эволюции. Эту важную идею развил знаменитый русский ученый и революционер П. А. Кропоткин, который в малоизвестной, к сожалению, книге «Взаимная помощь, как фактор эволюции» писал: «В животном мире мы убедились, что огромнейшее большинство видов живет сообществами и что в общественности они находят лучшее оружие для борьбы за существование... Виды животных, у которых индивидуальная борьба доведена до самых узких пределов, а практика взаимной помощи достигла наивысшего развития, оказываются не-

изменно наиболее многочисленными, наиболее процветающими и наиболее приспособленными к дальнейшему прогрессу».

Самая, пожалуй, общая черта эволюции биосферы — накопление информации в ходе эволюционного процесса.

Что такое информация? «Разнообразие» — вот наиболее общее определение информации. В частности, биологическая информация заключается в необычайном разнообразии организмов. Она передается при смене поколений.

В ходе эволюции в целом наблюдается рост информации, ее накопление, увеличение разнообразия и сложности организмов. На развитие органического мира Земли оказывал влияние и космос, в первую очередь солнечные излучения.

Вернадский впервые ввел в науку понятие «живое вещество». Так называл он совокупность всех живых организмов Земли, всю их общую, суммарную живую массу.

Не следует смешивать «живое вещество» Земли с ее биосферой — особой земной оболочкой, в которой существует и действует «живое вещество», и где проявляется его влияние. Кроме «живого вещества» в состав биосферы входит «биогенное вещество», то есть органо-минеральные, или органические продукты, созданные «живым веществом» (например, каменный уголь, битумы, горючие газы, нефть). Есть в биосфере и «биокосное вещество», созданное живыми организмами вместе с неживой природой. Таковы, скажем, биогенные осадочные породы, кислород, частично, может быть, азот атмосферы.

«Живое вещество» Земли в настоящую эпоху представлено почти тремя миллионами видов животных, растений, микроорганизмов. Хотя на долю растений приходится «всего» 300 тысяч видов, именно растения благодаря их способности непосредственно использовать для жизни солнечную энергию служат основой биосферы Земли.

Из трех составляющих «живого вещества» микроорганизмы наиболее устойчивы к крайне суровым условиям внешней среды. Споры некоторых бактерий, например, остаются живыми в жесточайшем вакууме (10^{11} *мм рт. ст.*), сине-зеленые водоросли великолепно себя чувствуют в активной зоне ядерных реакторов. Многие микроорганизмы, а также некоторые насекомые и высшие растения остаются жизнестойкими даже при температурах, близких к абсолютному нулю. Живые бактерии встречаются на дне океана, внутри земной коры, в стратосфере — на высоте 20 *км*. Благодаря микроорганизмам создается впечатление, что жизнь — явление очень стойкое и почти ничто (кроме высоких температур) не может убить живое. Правда, животные и растения, особенно высшие, значительно уступают в стойкости вездесущим микроорганизмам.

Общая «биомасса» всей суши составляет примерно три бил-

лиона ($2,7 \times 10^{12}$) тонн. Из них на долю почвенных микроорганизмов приходится около миллиарда тонн. Общая масса животных суши не превышает 3% массы наземных растений (кстати сказать, по массе позвоночные составляют всего около 1%).

Одно из характерных свойств «живого вещества» — это накопление и сохранение в своей биомассе энергии солнечного излучения. Именно эта солнечная энергия преобразуется в энергию органических соединений, в конечном счете — в энергетическую базу жизни.

В ходе эволюции «живое вещество» Земли четко разделялось на две разновидности, на два яруса. Нижний ярус образуют так называемые автотрофные организмы, извлекающие необходимые для жизни энергию и вещество непосредственно из неорганической среды. Таковы, например, почти вся растительность, анаэробные бактерии.

Организмы второго, верхнего яруса называются гетеротрофными. Они питаются существами нижнего яруса (растениями) или себе подобными гетеротрофами (таковы все хищники). Микроорганизмы могут быть и автотрофными и гетеротрофными. В конечном же счете жизнь Земли черпает свою энергию от Солнца.

Накопленная «живым веществом» энергия по праву может быть названа свободной. Всякие действия живых существ есть проявление этой свободной энергии. Она же особенно ярко проявляет себя в размножении всего живого.

Как известно, источником энергии всех процессов, происходящих в биосфере, служит Солнце — его свет и тепло, а также другие виды солнечных излучений. Живые организмы, подчеркивал В. И. Вернадский, превращают эту космическую энергию в земную, химическую, и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Живые организмы своим дыханием, своим обменом веществ, своею смертью и своим размножением, постоянным использованием своего вещества, а главное — длящейся сотни миллионов лет непрерывной сменой поколений, своим рождением и размножением, порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме биосферы. Этот великий планетарный процесс, по учению В. И. Вернадского, есть миграция, странствование химических элементов в биосфере, движение земных атомов, непрерывно длящееся больше двух миллиардов лет согласно определенным законам.

Вихрь жизни, постоянно усиливающийся, вовлекает в круговорот веществ в природе всё бо́льшие и бо́льшие количества неорганического материала. Благодаря этому «живое вещество» уже давно стало активнейшей геологической силой.

За один год живые существа Земли пропускают сквозь себя

почти столько же углерода, сколько находится его в земной коре. В морях и океанах образовались многокилометровые толщи осадочных пород. Масса углекислоты в известняках, созданных «живым веществом», в десять раз превышает массу ледяного панциря Антарктиды.

Живые существа можно уподобить крошечным, но весьма многочисленным химическим заводам. Моллюски накапливают из морской воды медь, асцидии — ванадий, медузы — цинк, олово, свинец, губки — йод. Как уже говорилось, серные бактерии «производят» серу, а фуксы и ламинарии накапливают алюминий и т. д.

В. живых организмах скапливаются огромные количества неорганических веществ.

Так, например, морские организмы содержат в десятки раз больше бора, калия, серы, чем морская вода; железа, серебра, брома — в сотни раз; кремния и фосфора — в тысячи; меди и йода — в десятки тысяч; цинка и марганца — в сотни тысяч раз!

Отмирая, «живое вещество» оставляет сконцентрированные им химические элементы в поверхностных слоях Земли. Миллиарды тонн различных веществ отдаются организмами во внешнюю среду и снова захватываются ими. Из органических соединений, когда-то составлявших живые организмы, возникли энергетически ценные горные породы (например; нефть, торф, уголь):

Живые существа не только накапливают химические элементы. В других ситуациях они, наоборот, распыляют их, участвуют в процессах выветривания. Все эти странствования химических элементов, увлеченных вихрем жизни, вся эта биогенная миграция химических элементов — одно из основных свойств биосферы. Оценивая с эволюционной точки зрения биогенную миграцию химических элементов, В. И. Вернадский пришел к двум обобщениям, названным им биогеохимическими принципами:

1. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.

2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

В этих двух принципах выражается вполне конкретно главное качество жизни — ее агрессивность, напор, стремление «переработать» как можно большее количество неорганического вещества.

«Жизнь — живое вещество — поистине является одной из

самых могущественных геохимических сил нашей планеты,— писал В. И. Вернадский.— В течение всего геологического времени заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало. Это положение можно считать, если это окажется нужным, третьим биогеохимическим принципом».

Чем совершеннее живое существо, тем большую информацию оно способно использовать. Именно эта способность и дает преимущества одним существам перед другими. Животные, например, используют информацию, поступающую не только из неорганической среды, но и от других живых организмов (например, запах зайца настраивает волка на преследование, а запах волка помогает зайцу избежать опасности).

Биосфера — это та область нашей планеты, где постоянно и в огромных масштабах взаимодействуют энергия и информация.

Жизнь постоянно и с великим упорством (по крайней мере в масштабах Земли) «упорядочивает» природу. Ход эволюции совершается от простого к сложному, от более вероятного — к менее вероятному.

Из внешней среды в «живое вещество» поступает множество сигналов. Эта информация позволяет «живому веществу» наилучшим путем использовать накопленную им энергию. Накопив «избыточное» количество энергии «живое вещество» переходит на высший организационный уровень, совершив тем самым очередной эволюционный скачок.

Жизнь сравнивают с вихрем, вовлекающим в круговорот всё бо́льшие и бо́льшие количества неорганического вещества. Сравнение образное и точное: в биосфере действительно происходит усиливающийся от эпохи к эпохе биологический круговорот атомов.

Наряду с образованием «живого вещества» и накоплением им энергии совершается и процесс противоположный — превращение сложных органических соединений в минеральные вещества (например, вода). При этом выделяется и энергия, отчасти в форме тепла, но главным образом в форме химической энергии, носителями которой являются природные воды и газы.

По мере развития биосферы росло число видов организмов, усложнялось их строение, то есть увеличивалась неорганическая и органическая (биологическая) информация.

В конце концов этот «вихрь жизни», это постепенное совершенствование «живого вещества» привели к новому этапу в развитии биосферы.

На Земле появился человек.

РАЗУМ ОВЛАДЕВАЕТ ПЛАНЕТОЙ

С появлением человека на Земле начал действовать новый, невиданный ранее геологический и космический фактор — человеческий разум. Мысль зародилась в биосфере, и поначалу немногочисленные мыслящие существа были редким исключением в немыслящем растительном и животном царстве. Трудно было бы в ту пору представить себе великое будущее человеческого рода, ту эпоху, когда мыслящие существа своим трудом начнут преобразовывать всю свою планету, когда научная мысль станет, по выражению В. И. Вернадского, планетным явлением.

Между тем исторический опыт человечества показывает, что внутри биосферы зарождается новая, «мыслящая» оболочка Земли — ноосфера. И этот процесс не случайность, а закономерность, подготовленная всем ходом предшествовавшей эволюции материи.

Что же такое ноосфера и почему ее становление может служить прочным фундаментом оптимизма, веры в великое будущее человечества?

Слово «ноосфера» в дословном переводе с греческого означает «сфера разума» или «разумная оболочка» (от греческого «ноос» — разум). Общая идея учения о ноосфере созрела у В. И. Вернадского еще в конце прошлого века, хотя в научный обиход термин «ноосфера» был впервые введен в 20-х годах текущего столетия.

Ноосферой В. И. Вернадский называл биосферу, преобразованную разумной деятельностью человека.

Итак, ноосфера — «разумная оболочка» Земли, царство человеческого разума. Было бы большой ошибкой отождествлять возникновение ноосферы с появлением на Земле мыслящих существ. В ту пору впервые засверкали на нашей планете отдельные искорки разума, которые занимали лишь малые очаги на поверхности нашей планеты. Да и деятельность их, технически тогда слабо вооруженных, не столь уж сильно отличалась от деятельности животных. Только после овладения человека огнем, когда он смог начать освоение обширных областей Земли, ранее для него недоступных, и особенно после появления человека современного типа, когда резко выросла численность человечества и оно заселило почти все континенты, за исключением Антарктиды, и начало осваивать океанические просторы, результаты деятельности человека стали оставлять следы.

По мнению В. И. Вернадского, создание ноосферы требует проявления человечества как единого целого, и это есть его неизбежная предпосылка.



А. Леонов. Выход в открытый космос.
Виден фал, соединяющий космонавта с космическим кораблем.



А. Леонов. Старт «Союза».
Работают двигатели первой ступени.



А. Леонов. Стыковка «Союза» и «Аполлона».
На «Союзе» раскрыты панели солнечных батарей.



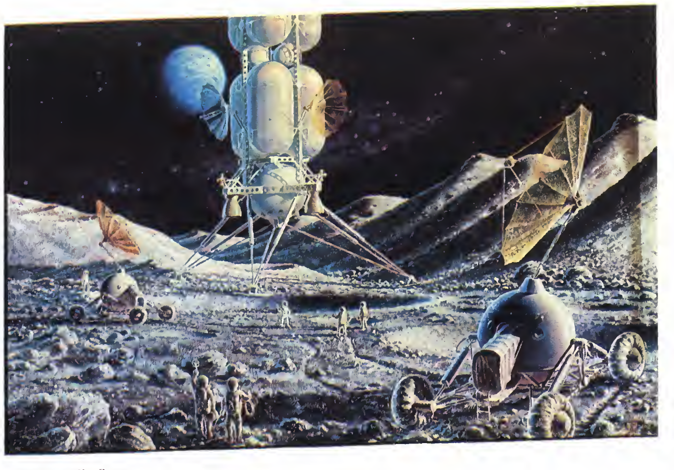
А. Леонов. Утро над планетой.
Показан один из возможных космических кораблей будущего.



А. Соколов. «Венера-9».
Видна поверхность планеты Венеры и ее облачная атмосфера.



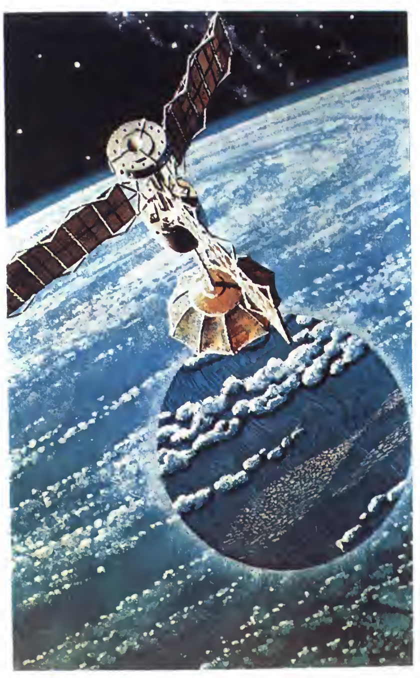
А. Соколов. Вездеход на Марсе.
Фантастический облик одного из будущих космических аппаратов.



А. Соколов. На Луне.
Рядом с прилунившимся аппаратом видны вездеходы и космонавты.



А. Соколов. «Молния» над планетой.
Видны детали конструкции этого советского спутника связи.



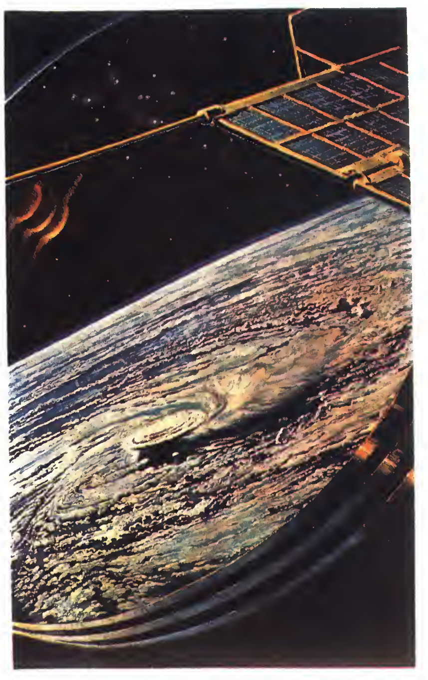
А. Соколов. На службе рыбного хозяйства.
Со спутников видны миграции косяков рыб.



А. Соколов. Сельское хозяйство.
Со спутников можно контролировать состояние посевных площадей.



А. Соколов. Сейсмография из космоса.
Со спутников хорошо различимы сейсмически активные зоны.



А. Соколов. В иллюминаторе циклон.
Спутники помогают всемирной службе погоды.



А. Соколов. Орбитальные корабли будущего.
Один находится в пассивном полете, другой со включенным двигателем возвращается на Землю.



А. Соколов. «Союз-6».
На этой станции поставлены рекорды длительности пребывания человека в космосе



А. Соколов. Исследование Юпитера.
Виден космический зонд, изучающий атмосферу Юпитера с близкого расстояния.



А. Соколов. В голове кометы.
Видно ядро кометы и зонд, вторгшийся в ее голову.

Лишь после эпохи Великих географических открытий люди составили себе общее, хотя еще и не полное представление о своей планете. Европейцы узнали о существовании неизвестных материков и народов. Коренные жители открытых европейцами стран почувствовали на себе несовершенство и агрессивность «цивилизованных» европейских сообществ. Планетарные представления о Земле были приобретены ценою крови и страданий миллионов людей. Но в конце концов человек заселил всю Землю, не исключая и суровейшего из материков — Антарктиды, где на наших глазах был высажен и прочно закрепился международный научный десант.

Производственные, экономические связи народов и стран постепенно привели к тому, что ныне ни одна страна не может нормально развиваться, изолировав себя от других стран и народов. А всякие изменения ситуации на мировом рынке сразу же отзываются в экономике подчас весьма далеких в географическом отношении стран.

Человечество сплачивают не только производственные и экономические связи. Современные средства сообщения, в особенности авиация, делают в принципе легко и быстро достижимым любой уголок Земли. Благодаря средствам сообщения непрерывно идет не только обмен товарами между государствами, но и обмен людьми, совершающийся в различных формах. Радио и телевидение позволяют каждому видеть и слышать то, что происходит за тысячи километров от него. Высокоразвитая техника сделала внутренние информационные связи человечества необычайно мобильными: утром, включая радио или разворачивая газету, мы узнаем главные новости из жизни всего земного шара. Как и производство, наука в наши дни немыслима без интернациональных связей. Государство, оградившее себя от экономических и научных связей с остальным миром, обречено на прозябание. Наоборот, научные связи, выражающиеся, в частности, в международных конференциях, экспедициях, исследованиях, обеспечивают стремительный рост научной мысли — основы ноосферы. Но ни необходимость и неизбежность тесных производственных, экономических, научных и культурных связей, ни то, что производство, основа существования человеческого общества, все более и более становится общественным, даже общечеловеческим, не делают человечество единым. Общественный характер производства требует и общественной собственности на средства производства, международный его характер требует преодоления узких, групповых интересов, единения человечества. К этому идет производство с тех пор, как возникло человечество.

Таким образом, зарождение ноосферы есть результат двух взаимосвязанных процессов: развития производства и научно-

технической и социальной революций. И то и другое рассматриваются В. И. Вернадским как неизбежный и прогрессивный процесс в эволюции органического мира Земли.

В становлении ноосферы огромная роль принадлежит науке и технике, этим проявлениям человеческого разума. В таких условиях деятельность даже отдельных личностей (ученых, изобретателей, государственных деятелей) иногда приобретает очень большое значение.

С другой стороны, переход к ноосфере, становление этой новой оболочки Земли немыслимы без разумной организации жизни и труда огромных, миллионных масс людей. Что, как не сознательный труд народных масс, направленный на благо человечества, может стать реальным фактором в прогрессивном развитии ноосферы? По убеждению В. И. Вернадского, социальные революции, переход от капитализма к социализму и коммунизму есть не менее важные предпосылки создания ноосферы, чем прогресс науки и техники.

В ноосфере надо различать ее вещественную сторону (технику, человеческое общество, ту часть природы, которая уже затронута действиями человека) и сторону идеальную (мыслительная деятельность человека, его разум, его знания, иначе говоря — отражение в психике человека в отдельности и человечества в целом объективного мира).

В сущности, ноосферу можно рассматривать как сферу взаимодействия природы и общества, в которой люди разумно и целесообразно, со знанием законов природы направляют и контролируют ход природных процессов.

Характерно, что, зародившись в качестве оболочки Земли, ноосфера принципиально не ограничена рамками нашей планеты. Могущество разума беспредельно, и уже сегодня человек вступает в эпоху освоения Солнечной системы.

И у отдельного человека, и в ноосфере идеальное неотделимо от вещественного. Мыслящий человек органически сочетает в себе идеальное (мысль) и вещественное (мозг). Идеальная часть ноосферы «овеществлена» в электромагнитных волнах, в книгах, в социальных и научных организациях, в технике, в нервной системе людей — короче говоря, во всем том, что мыслит или что́ является вещественным продуктом разума.

Вера в силу человеческого разума, в неодолимость прогрессивного развития человечества особенно сильно проявилась у В. И. Вернадского в годы Великой Отечественной войны. В самые тяжелые месяцы, когда положение на фронте оставалось очень напряженным (июль—ноябрь 1941 года), В. И. Вернадский твердо верил в неизбежное поражение фашизма как силы, пытавшейся противодействовать всему ходу мирового процесса, повернуть течение истории вспять.

Этот несокрушимый оптимизм — характерная черта мировоззрения В. И. Вернадского. Его источник — глубокое осознание неизбежно прогрессивного характера развития органического мира Земли, включая и развитие человечества. В ходе единого мирового процесса развития, нашедшего свое отражение и в человеческой истории, действуют глубинные силы, сметающие на своем пути всякое противодействие. С этой точки зрения всякие пессимистические прогнозы о неизбежности гибели земной цивилизации выглядят прежде всего как нечто антинаучное.

В биосфере организующий элемент — «живое вещество», в ноосфере — человеческое общество. Совершенно очевидно, что отношение общества к природе в очень сильной мере зависит от социальной структуры общества. Капиталистический строй, частная собственность на средства производства создают принципиальные трудности в формировании ноосферы. Наоборот, коммунистическое общество есть единственная социальная формация, которой в принципе доступно создание ноосферы не только на Земле, но и за ее пределами.

Конечно, это не означает, что все совершенное в капиталистических странах неразумно и противоречит ноосфере или что социалистический строй сам по себе, без труда и усилий, автоматически породит ноосферу. Новая геологическая оболочка Земли рождается, как говорил В. И. Вернадский, в грозе и буре — буре социальной и научно-технической революции. Но гром гремит лишь над отживающим свой век капитализмом, который мешает человечеству создать ноосферу.

Хотя ноосфера сегодня представляет собой своеобразный результат взаимодействия природы и производственной деятельности человека, ее особенности пока еще остаются схожими с характерными чертами биосферы.

Прежде всего благодаря производственной деятельности человека продолжается (во все ускоряющемся темпе) процесс накопления свободной энергии, способной к полезному превращению. Ноосфера развивается от простого к сложному, от более вероятного — к менее вероятному. В ходе человеческой истории усложняются производство и техника. В результате технического процесса организация, совершенство производства и техники возрастают.

Как и в биосфере, в ноосфере непрерывно происходит взаимодействие энергии и информации. Но только размах и темпы этого процесса, очевидно, больше, чем в немыслящем «живом веществе».

В биосфере действовал и действует крайне медлительный естественный отбор. Развитие производства, вызывая необходимость совершенствования техники, производит очень быст-

рый «искусственный отбор», отбрасывая негодные проекты и выбирая лучшие.

«Живое вещество» вовлекает в «вихрь жизни» множество химических элементов литосферы, гидросферы и атмосферы. Но ведь аналогичная миграция элементов осуществляется и производственной деятельностью человека. Совершенствование производства, его технологии ускоряет течение химических реакций. Каждые 15—20 лет удваивается производство меди, олова, железа, вольфрама, углерода и других элементов. Производство вводит в эту «техногенную миграцию» всё новые и новые элементы. Так, еще в начале нашего века алюминий ценился дороже золота, а теперь его ежегодно вырабатывают 7—8 *млн. т.* И так же некогда в биосфере эта искусственная миграция химических элементов стремительно идет к максимальному своему проявлению.

«Живому веществу» свойственна «агрессивность», стремление вовлечь в «вихрь жизни» как можно большее количество неорганического вещества. Но не те ли качества присущи и ноосфере? Разве с прогрессом науки и техники не вовлекаются в технологические процессы всё больше и больше природных материалов?

Биосфера эволюционировала с нарастающим ускорением. То же, только в гораздо более сильной степени, происходит и в ноосфере. «Плотность» технических открытий на один и тот же промежуток времени (например, за десятилетие) сейчас несравненно выше, чем сто и тем более тысячу лет назад.

Было бы глубоко ошибочным представлять себе процесс превращения биосферы в ноосферу как некую мирную и спокойную эволюцию. На самом деле ноосфера рождается в «грозе и буре» — в грозе социальных преобразований, несущих гибель капитализму, и в буре научно-технической революции, рождающей науку и технику будущего.

ВСЕ ПУТИ ВЕДУТ В КОСМОС

Как уже говорилось, ноосфера унаследовала от биосферы общее свойство всего живого — стремление к безграничному пространственному расширению, к вовлечению в круговорот жизни все большей и большей массы неорганического вещества. Разница лишь в том, что в ноосфере все эти процессы несравненно мощнее, стремительнее, чем в биосфере. А отсюда следует, что рано или поздно земные рамки станут тесными для ноосферы и она неизбежно выйдет за их пределы. Начало этого расширения ноосферы в космос мы сейчас и наблюдаем.

Так как процесс расширения ноосферы в космос теорети-

чески ничем не ограничен, ноосфера уже сегодня перестала быть только земной оболочкой. Через ноосферу, посредством ее наша планета расширяется в космос. Нет, это не образное выражение, а точная формулировка происходящего. Разве мы, наш разум не порождение Земли, не ее часть, уже выходящая за пределы своей колыбели? Расширение Земли в космос через ноосферу может быть в принципе безграничным.

Но этот процесс означает выход человечества на арену космической трудовой деятельности, без которой немыслимо и существование человечества в космосе. Ведь процесс труда следует рассматривать как всеобщее условие обмена веществ между человеком и природой — это есть естественное условие человеческой жизни, свойственное всем ее общественным формам независимо от среды обитания.

Таким образом, рождение космонавтики подготовлено всей предшествующей эволюцией мира Земли (включая сюда и человеческое общество). Это естественное и неизбежное продолжение эволюционного ряда, начало которого теряется в глубине геологических эпох. Выход человечества в космос — необходимое звено всей восходящей ветви развития материи в нашей области Вселенной.

Иногда раздаются неразумные призывы ограничиться пока, а то и навсегда земными рамками производства. Такие призывы противоречат внутреннему требованию развития общества. Они по существу выражают обреченные на неудачу попытки остановить прогресс, прекратить эволюцию. Но это не только непосильная, но и никчемная для человека задача, так как именно человек стоит во главе земного эволюционного ряда. Значит, космическое расширение человечества — «вселенская» необходимость, определяемая направлением развития общества.

В ходе прогрессивной эволюции материи, в системах все большей и большей сложности постепенно накапливается информация. Этот процесс совершается и в неживой природе, но в биосфере и тем более в ноосфере накопление информации происходит особенно интенсивно. Процесс накопления информации и есть тот признак, по которому распознается «прогрессивность» материальной системы.

Есть, однако, существенное информационное отличие биосферы от ноосферы. Прогрессивная линия развития «живого вещества» выражалась главным образом в приспособлении к окружающим условиям, а не в преобразовании окружающей среды. Разумеется, и преобразовательная функция присуща «живому веществу», но она всегда носит ограниченный характер. Эта ограниченность земной биосферы выражается, в частности, в том, что она сама по себе неспособна выйти за пределы своей планеты.

Иная картина наблюдается на социальной стадии развития материи. Здесь с некоторого момента, когда техническое могущество общества становится достаточно ощутимым, преобразование среды начинает преобладать над приспособлением к ней и со временем быстро растет.

Начало космической эры отмечено «космизацией» земной науки и техники. Классическая небесная механика, созданная Ньютоном, дав основу астродинамике (или динамике космических полетов), превратилась в прикладную науку. Родилась и бурно развивается космическая биология, распавшаяся ныне на космическую медицину и экзобиологию (или астробиологию). Всеобъемлющая физика настолько тесно переплелась с астрофизикой, что подавляющее большинство проблем могут решаться лишь совместными усилиями физиков и астрофизиков. Трудно сегодня указать какую-либо область знания, которая бы прямо или косвенно не была связана с освоением космоса.

«Дыхание космоса» заметно и в современной технике. Трудно назвать такие области, которые не используются или не могут быть использованы непосредственно в космонавтике. С другой стороны, проводимые космические эксперименты заставляют моделировать условия космоса в земной обстановке.

С 1957 года мы живем «под знаком» космоса. Нет никаких сомнений в том, что «космизация» земной жизни будет только усиливаться по мере успешного освоения космоса.

Поскольку в обществе будущего отношения с внешней средой будут полностью «отрегулированы», этому обществу под силу продолжить в невиданных масштабах генеральную линию эволюции — освоение разумными существами, человечеством, вещества и энергии Солнечной системы, а возможно, и еще более крупных космических систем.

Поражают успехи современной космонавтики, достигнутые за два с небольшим десятилетия. Тысячи искусственных спутников Земли — собирателей, носителей и передатчиков информации — следят за погодой, помогают радио- и телесвязи, служат ориентирами для наземных объектов, всесторонне изучают Землю, выполняют множество разных функций, а в конечном счете быстро накапливают для человечества очень полезные знания.

Ту же главную цель — накопление научной информации — преследуют и полеты других космических аппаратов, пилотируемых или управляемых только автоматами.

От познания космоса, однако, неизбежен переход к его преобразованию. В этих двух важнейших сторонах трудовой деятельности человека — познании и преобразовании космоса —

заключается характерная черта космической фазы существования человечества.

Таким образом, освоение космоса человечеством, а стало быть, и рождение космонавтики — результат длительной эволюции жизни на Земле. Зародившись в биосфере, ноосфера ныне постепенно преобразовывает нашу планету. Разум овладевает Землей и ее ближайшими окрестностями.

Теперь попытаемся представить себе облик тех космических поселений и «эфирных городов», о которых когда-то мечтал Циолковский.

СТРОИТЕЛЬСТВО НА ОРБИТАХ

Успехи современной космонавтики не должны заставить нас забыть о ее недостатках. Космические полеты пока что обходятся человечеству очень дорого. На первых порах с этим не считались — слишком велико было желание выйти за пределы своей планеты. Но надо подумать и о том, как удешевить расходы на космос, сделать космические полеты экономически более выгодными.

В некоторых фантастических повестях космические корабли садятся и взлетают, как обычные земные самолеты. И каждый такой корабль рассчитан не на один только полет, а на многократное применение. Когда-нибудь, вероятно, так и будет.

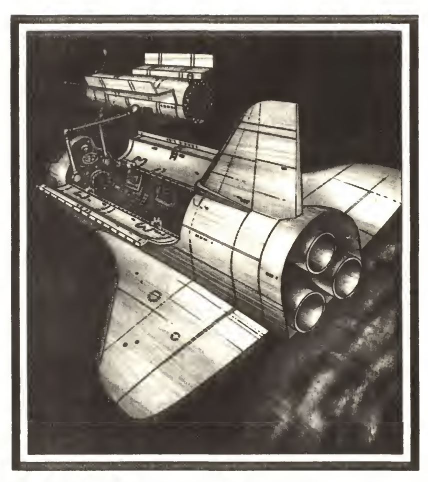
Представьте себе, что вы садитесь в рейсовый автобус и едете до конечной остановки. После того как другие пассажиры вместе с вами покидают автобус, его на ваших глазах пускают под откос или уничтожают как-нибудь иначе. А на следующий обратный рейс подают новую машину, которую, впрочем, ждет такой же бесславный конец.

На старте — многоступенчатая ракета, которой предстоит вывести на космическую орбиту пилотируемый корабль. Это техническое устройство достигает в высоту многих десятков метров (а то и превышает сотню метров!). Включаются оглушительно ревущие двигатели ракеты, и сначала медленно, а затем все быстрее и быстрее она устремляется в космос. Скоро уже невооруженный глаз перестает различать очертания ракеты, и она превращается в яркую, быстро уменьшающуюся точку.

Выход в космос совершен. Что же вернется обратно на Землю? Оказывается, всего лишь сотая доля той массы вещества, которая покоилась на старте. Остальное безвозвратно гибнет, или сгорая в плотных слоях атмосферы, или разрушаясь при падении на поверхность Земли.

Нельзя ли летать в космос на аппаратах, схожих с самолетами?

Современные космические полеты напоминают полет бро-



Один из вариантов орбитального космического самолета.

шенного камня. Ракета-носитель, разгоняет корабль до космической скорости, затем сама падает на Землю, а корабль, как брошенный камень, летит по инерции, а правильнее сказать — по пассивной, «баллистической» траектории, подчиняясь тяготению Земли. Выходить же в космос на малых скоростях мы пока не умеем, так как современные ракеты требуют для такого непрерывного медленного полета нереально большого запаса топлива, неспособного поднять в космос даже себя.

Вероятно, в будущем создадут совсем другие ракетные системы, не такие шумные и прожорливые, как сегодняшние. Они

будут черпать вещество и энергию из внешней среды, может быть, и из физического вакуума. Тогда не придется брать с собой на борт колоссальное количество топлива, которое в основном поднимает в космос себя (вспомните: полезный возвращаемый на Землю груз составляет лишь один процент стартового веса выводимой в космос ракетной системы!). В ту пору «космопланы» будут летать в космос, как самолеты: по многу, многу раз. Освоение космоса станет несравнимо более дешевым предприятием, чем сегодня, и мечта фантастов осуществится.

Все сказанное — не беспочвенные мечтания, а реальная техническая задача, над которой усиленно работают и ученые и инженеры.

До сих пор орбитальные станции целиком изготовлялись на Земле, а затем готовая для работы станция выводилась на космическую орбиту. В таком способе заселения околоземного пространства есть и достоинства и недостатки.

Если станция целиком строится в земных условиях, ее легче, удобнее сделать достаточно надежной, что обеспечивает безопасность космонавтов. Если при контрольной проверке какая-нибудь деталь станции окажется бракованной, ее тут же, на Земле, легко заменят новой. Вообще все организационные и технические вопросы в привычной земной обстановке решаются куда быстрее и безболезненнее, чем в открытом космосе.

С другой стороны, на Земле можно создать орбитальную станцию любых размеров и массы. Но для выведения крупных станций на орбиту требуются ракеты-носители огромной мощности. Таких ракет нет, да и создание и применение их потребует колоссальных, вряд ли оправданных затрат. Между тем для обживания ближнего космоса, для создания космических поселений и городов на орбитах потребуются столь обширные и массивные орбитальные станции, что вывести их целиком на орбиту невозможно. Если же с помощью транспортных кораблей переправить на орбиту не всю станцию, а ее части, блоки, а затем смонтировать станцию из блоков прямо в космосе, то такой способ строительства окажется и возможным и менее дорогим, чем нынешний. Так как количество блоков, доставляемых в космос, может быть любым, размеры будущих сборных орбитальных станций практически ничем не ограничены.

Для строительства на орбитах потребуются специально подготовленные космонавты-монтажники и различные аппараты, облегчающие монтаж. И то и другое вполне осуществимо.

Алексей Леонов был первым, кто отважился выйти в открытый космос и тем самым оказаться «между небом и Землей». Это был новый шаг в освоении человеком космического пространства. За Леоновым последовали другие. Ныне выход

в открытый космос стал почти обычной операцией для экипажей космических кораблей и станций.

Как ни стараются конструкторы космических аппаратов сделать работу всех узлов безотказной, все же бывают случаи, когда какой-нибудь прибор, какая-нибудь важная деталь выходит из строя. Так, например, может не раскрыться защитный метеорный экран, или «отказать» стыковочный узел, или выйти из строя прибор, укрепленный на внешней стороне корпуса станции или корабля. Но когда происходит какая-нибудь из этих поломок, космонавт должен выйти в открытый космос и устранить неполадки. Следовательно, техническое обслуживание и ремонт кораблей и станции — одна из главных причин, заставляющих человека работать в открытом космосе.

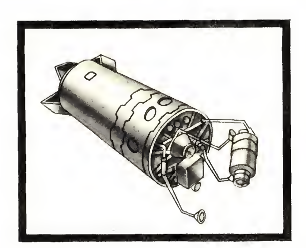
Смена экипажей, переход из корабля в корабль через стыковочный узел по сложности немногим уступают выходу в открытый космос. Возможны научные эксперименты, при которых космонавт должен выйти за пределы корабля или станции. Но главное, что делает пребывание в открытом космосе неизбежным,— монтажно-сборочные работы по созданию крупных орбитальных станций и других конструкций (например, исполинских антенн радиотелескопов).

Отряды космонавтов-монтажников прежде всего должны творчески усвоить опыт Алексея Леонова и его последователей. Но, кроме этого, им, конечно, придется приобрести новую, никому до сих пор не ведомую специальность строителя-монтажника крупных космических станций. Они должны хорошо знать поведение материалов в условиях невесомости и вакуума, особенности сварки в космосе, влияние различных излучений на человека и конструкции, а также многое, многое другое. Придется им, в частности, овладеть искусством управления специальными монтажными космическими аппаратами.

Один из них изображен на рисунке. Это пилотируемый межорбитальный транспортный аппарат. Смонтируют его прямо в космосе из отдельных блоков, доставленных на орбиту. Сюда же, на орбиту, будет доставлено и топливо, которым заполнят баки аппарата.

Так как межорбитальный аппарат собирается на орбите и к возвращению на Землю не предназначается, он может быть очень крупным и удовлетворять пониженным требованиям прочности. На передней части аппарата укреплены «механические руки», и с помощью этих манипуляторов можно захватить какой-нибудь спутник или даже космический корабль.

По замыслу конструкторов, межорбитальный аппарат должен всегда оставаться «космическим скитальцем», переводящим захваченные спутники с одной орбиты на другую. Его экипаж сможет следить за состоянием спутников, осуществлять



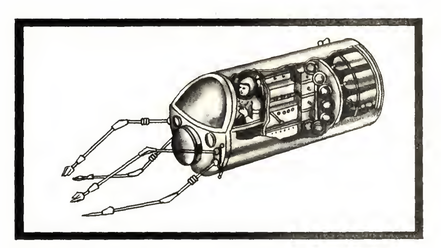
Межорбитальный пилотируемый транспортный аппарат.

их ремонт, некоторые из спутников переводить на более высокие орбиты, другие, отработавшие свою программу, спускать для уничтожения в нижние слои атмосферы. Кроме того, межорбитальные аппараты помогут обслуживать орбитальные станции, а если потребуется, и спасти их экипаж. Главное же, пожалуй, их назначение — помощь в сборке на орбитах крупных орбитальных станций.

Рассматривается создание и менее крупных межорбитальных аппаратов, названных кораблями-буксирами. По одному из проектов такой аппарат при весе 23 *т* имеет длину 9 *м*. Он может транспортировать людей и грузы с низких орбит на высокие, в том числе и на «стационарные» с высотой около 36 000 *км*. При обратном путешествии, с высокой орбиты на низкую, корабль-буксир, как показывают расчеты, способен захватить с собой около 900 *кг* полезного груза.

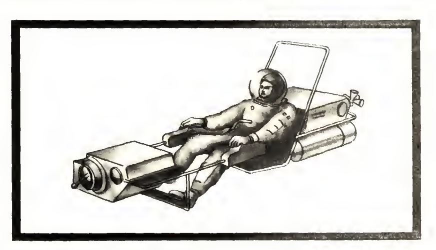
Любопытен проект одноместного монтажного аппарата для ремонтных и сборочных работ на орбите. Его главная деталь — механические манипуляторы, сильные и достаточно ловкие «заменители» рук космонавта. Весить такой аппарат будет не более 3,6 *т*. Предполагается снабдить его счетно-решающими устройствами, стабилизаторами и разной другой аппаратурой. Система жизнеобеспечения в монтажном аппарате рассчитана на работу космонавта в течение 48 часов. После выполнения работ монтажный аппарат причаливает к орбитальной станции или космическому кораблю, на котором постоянно размещается бригада монтажников-космонавтов.

Вероятно, достаточно удобным будет «космический катер», уступающий в размерах монтажному аппарату, но зато пре-

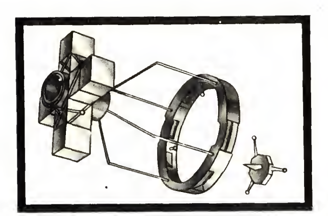


Одноместный летательный аппарат для сборки космических станций на орбите.

восходящий его маневренностью. Сидя в кресле «катера», космонавт, по существу, находится в открытом космосе. Это расширяет кругозор и облегчает маневрирование, хотя незащищенность космонавта создает для него некоторую опасность, впрочем не большую, чем подвергали себя те, кто выходил в скафандрах в открытый космос или прогуливался по Луне. Еще долгое время (если не навсегда) работа в открытом космосе



Общий вид «космического катера».



Аппарат для захвата космических объектов на орбите.

будет связана с некоторым риском, но разве это обстоятельство способно затормозить заселение околоземного пространства?

Строя орбитальные города и «эфирные поселения», придется, вероятно, применять и другие подчас причудливые монтажные аппараты. Один из них, «космическая рукавица», показан на рисунке. Здесь манипуляторы заменены кольцом, которое, сжимаясь, захватывает спутник. Но все это — частности. Главное же состоит в том, что уже сегодня намечена вполне технически осуществимая программа создания городов на орбитах.

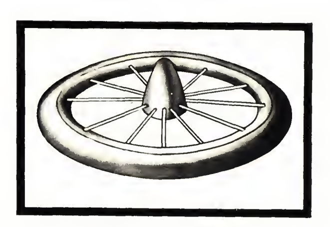
РАЗНЫЕ, РАЗНЫЕ СТАНЦИИ...

Уже сегодня можно было бы организовать выставку проектов будущих орбитальных станций. Проектов так много, что выставка получилась бы обширной.

Как же современная наука представляет себе будущие космические поселения? Их элементами — «домами» — станут орбитальные станции. Но по сравнению с теперешними они будут гораздо крупнее и совершеннее.

Какую станцию следует называть малой, а какую большой? В таком разделении всегда есть некоторая условность. Американцы, например, называют малыми орбитальные станции с экипажем из 2—4 человек; средними — с экипажем из 6—10 человек; большими — с экипажем из 20—40 человек и более.

Конечно, подобная классификация условна. Логичнее было бы называть большими те орбитальные станции, на которых с помощью их вращения создается искусственная тяжесть. Эта тяжесть, как известно, тем больше, чем больше размеры станции и чем быстрее она вращается вокруг своей оси. Однако,



Надувная орбитальная станция «колесо».

чтобы не вызвать головокружения и других болезненных ощущений у космонавтов, станция не должна вращаться быстрее четырех оборотов в минуту. Значит, для того чтобы искусственная тяжесть была достаточно большой, надо увеличить соответственно ее размеры. Поэтому станция с искусственной тяжестью неизбежно будет крупной.

Можно, впрочем, создать значительную по размерам невращающуюся орбитальную станцию. Для этого, например, достаточно состыковать на орбите, скажем, десяток «Союзов» или «Аполлонов». С другой стороны, если два небольших корабля типа «Меркурий» соединить в космосе тросом и привести эту систему во вращение, то при большой длине троса внутри кораблей будет создана значительная искусственная тяжесть, хотя сами корабли останутся маленькими и одноместными. Словом, и в предложенной классификации немало условностей.

Будущие орбитальные станции, несомненно, превзойдут по размерам теперешние. Не обязательно, однако, чтобы их собирали из блоков на орбите. Крупную станцию можно полностью собрать на Земле и вывести транспортным кораблем на околоземную орбиту.

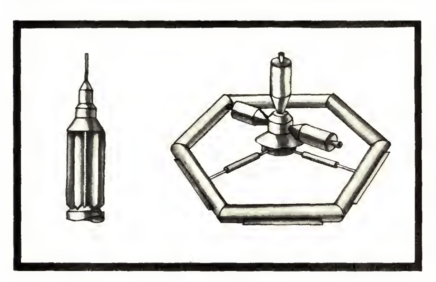
На рисунке изображена одна из надувных орбитальных станций. Внешне она очень похожа на автомобильное колесо — ступица и спицы у нее жесткие, металлические, а обод, разделенный на отсеки для оборудования и экипажа, надувной. В одном варианте обод монтируется на спицах, в другом проекте обод монтируется непосредственно на кольцеобразной металлической ступице.

Надувная станция полностью изготовляется на Земле. Затем в сложенном состоянии она упаковывается в специальный контейнер и в таком виде ракетой-носителем или транспорт-

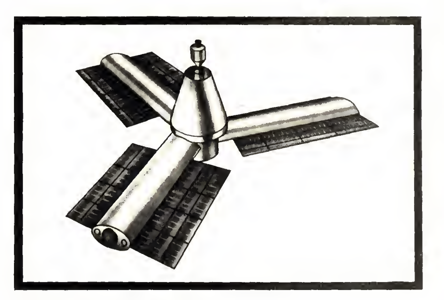
ным кораблем выводится на орбиту. Там контейнер отделяется от носителя и раскрывается. Освобожденная от контейнера станция наполняется газом и принимает форму орбитального колеса. Все эти операции будут осуществляться автоматически. После того как станция приняла рабочую форму, к ней посылаются космические корабли, которые доставляют на станцию ее экипаж.

Не обязательно обод станции должен походить на бублик или тор. На рисунке показана складная станция, составленная из жестких блоков. Когда станция работает, ее обод состоит из шести граней или, лучше сказать, блоков. Каждый такой блок представляет собой цилиндр длиной в 23 *м* и диаметром в 3 *м*. Он является отсеком станции, герметически изолированным от остальных отсеков. Как и надувные станции, это шестигранное жесткое колесо вращается вокруг оси со скоростью 3 оборота в минуту. Размеры станции таковы, что на ее ободе создается искусственная тяжесть, впятеро уступающая земной. Верхняя секция центральной части станции вращается в противоположном направлении, что облегчает причаливание к этой станции космических кораблей.

На том же рисунке слева показана та же станция в сложенном состоянии. В таком виде она выводится на орбиту вместе с кораблем. Там, на орбите, экипаж корабля с помощью специальных устройств раскрывает станцию, превращая ее в ше-



Складная орбитальная станция из жестких блоков.
Слева — в сложенном состоянии, справа — при работе на орбите.

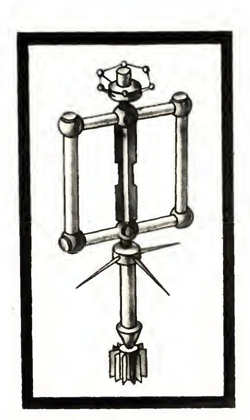


Орбитальная станция «пропеллер».

стигранное жесткое колесо. Заселение станции происходит так же, как и надувных конструкций. В некоторых вариантах этого проекта в конструкции шестигранной станции используются и надувные элементы.

А вот еще одна раскрывающаяся на орбите станция. В отличие от предыдущих она не имеет обода, а состоит лишь из ступицы и спиц. Диаметр ступицы 10 *м*, каждая из спиц на 5 *м* длиннее (при ширине 4,5 *м*). В раскрытом состоянии станция, напоминающая трехлопастный пропеллер, имеет диаметр около 46 *м*. Ее экипаж состоит из 18 космонавтов, отсеки для которых расположены внутри труб — спиц. На концах этих спиц искусственная тяжесть, очевидно, будет наибольшей, внутри же ступицы она близка к нулю. По этой причине жилые и рабочие помещения располагаются подальше от оси вращения «пропеллера», а оборудование и склады, не требующие искусственной тяжести, помещаются вблизи ступицы. Центральная ось каждой спицы занята небольшой трубой, играющей роль коридора или переходного тоннеля (как он именуется в проекте). Предполагается, что на станции этого типа одновременно будут работать 18 космонавтов, причем срок работы такой станции определен в пять лет.

Рассмотрим теперь проекты таких орбитальных станций, которые собираются из блоков, отдельно выводимых на орбиты.



Орбитальная станция
«космическая гантель».

Формы их подчас весьма причудливы. Вот, например, «космическая гантель». Типовыми блоками станций такого типа служат цилиндры и шары. Диаметр каждого шара 5,4 *м*, диаметр цилиндра 3 *м* (при длине 9 *м*).

На орбиты сначала выводятся отдельные элементы конструкции — цилиндры и шары. Две сферы с цилиндром между ними образуют типовой узел, напоминающий спортивную гантель. Из типовых узлов постепенно собирается станция, которая в окончательном, рабочем состоянии изображена на рисунке. Средняя гантель служит осью станции, вокруг которой и совершается ее вращение. С одного конца этой оси монтируется ядерная энергетическая установка, на другом конце оборудован причал для космических кораблей с манипуляторами и входными люками для экипажа.

В боковых гантелях размещаются двигатели, приводящие станцию во вращение, а также жилые помещения, различное оборудование и система жизнеобеспечения. Другие радиаль-

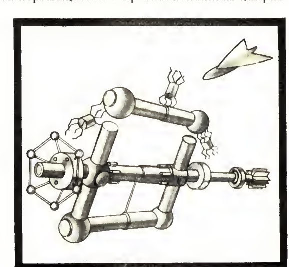
ные гантели заполнены отсеком управления и ремонтными мастерскими. Внутри осевой гантели размещены топливные баки, склады и вспомогательная энергетическая установка.

В целом станция напоминает скорее исполинскую деталь какого-то механизма, чем космический аппарат. Но «начинка» этой станции, весящей около 200 *т*, предполагает работу на ней коллектива самых разных специалистов в области науки и техники — ведь в некоторых вариантах проекта на станции предполагается оборудовать и астрофизическую обсерваторию, и медицинские лаборатории, и даже небольшой завод для изготовления приборов, требующих высокого вакуума!

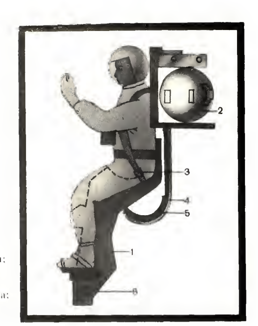
На рисунке показан процесс сборки гантелевидной станции. Обратите внимание на подвижные индивидуальные капсулы для космонавтов-монтажников, похожие на каких-то насекомых. Виден и транспортный корабль, связывающий станцию с Землей.

Кстати сказать, кроме монтажных капсул, космонавтам-монтажникам потребуются и собственные средства перемещения в открытом космосе, где им наверняка придется работать. Для этой цели уже разработаны проекты небольших реактивных двигателей, которыми будет снабжен каждый монтажник-космонавт.

Самый простой из таких двигателей принадлежит к так называемому пистолетному типу. По существу это и есть реактивный пистолет, снабженный соплами, из которых при нажатии курка «выстреливается» газовая струя. Отдача заставляет при этом космонавта перемещаться в противоположном направ-



Сборка на орбите гантелевидной станции.



Аппарат «космическое кресло»:
1 — рама аппарата;
2 — баллон со сжатым азотом;
3 — положение центра масс системы «космонавт-кресло»;
4 — трубопровод сжатого азота;
5 — кабель;
6 — реактивные сопла.

лении. Так, «отстреливаясь» в разные стороны, можно перемещаться в открытом космосе. В других вариантах реактивный пистолет имеет несколько сопел, направленных в противоположные стороны. Однако и в этом случае космонавт-монтажник держит пистолет в руках.

На практике, конечно, не все так просто, как тут описано. Космонавт должен наловчиться «стрелять» так, чтобы при этом самому (из-за отдачи) не кувыркаться. А добиться этого нелегко.

Более совершенным является индивидуальный двигатель ранцевого типа. Как показывает название, небольшие реактивные двигатели крепятся на ранце за спиной космонавта и в нужный момент приводятся им в действие. Они снабжены специальной системой стабилизации и спасают космонавта от кувыркания. Кроме того, у него освобождены руки, что для монтажника весьма существенно. В ранце помещаются, кроме двигателей, баков с топливом и системы стабилизации, также система жизнеобеспечения, радиооборудование и источники питания, превращающие космонавта в миниатюрный космический корабль!

Любопытно устроено так называемое космическое кресло. Это металлическая рама, выполненная в форме кресла для



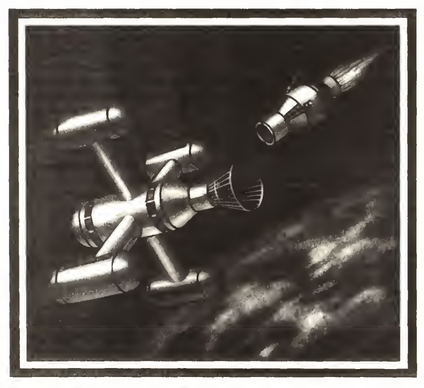
Орбитальная станция для 12 космонавтов.

космонавта с привязной системой ремней. Восемь микродвигателей укреплены вокруг ступни, а круглый топливный бак — за спинкой кресла. Для управления двигателями космонавт нажимает ступней на педаль управления, а его руки при этом остаются свободными для монтажных работ.

На рисунке показана еще одна орбитальная станция для 12 космонавтов, собираемая на орбите. Ее блоки в виде цилиндров длиной 17 *м* и диаметром около 4 *м* доставляются на орбиту раздельно. При сборке составляют конструкцию из 17 блоков, каждый из которых имеет массу около 7 *т*. В блоках

оборудованы отсеки, причем на каждого космонавта приходится около 4,5 *м* жилого помещения. Центральная ось, вокруг которой вращается станция, имеет шаровые элементы, внешне напоминающие подшипники. На одном из концов оси укреплены солнечные батареи. Еще один вариант «блочной» орбитальной станции показан на другом рисунке.

Разные, разные станции... Подобно многим современным домам, они сооружаются из отдельных блоков. Но на этом и кончается сходство с земным строительством. Постройка поселений в открытом космосе, в условиях невесомости, опасных излучений и метеоритной «бомбардировки», — дело очень трудное и героическое. И все-таки даже описанные здесь орбитальные «дома» далеко не предел возможностей человеческой техники. С этим утверждением, надеюсь, согласится и читатель, прочитав следующие главы.



Орбитальная станция из отдельных блоков.
Справа вверху — транспортный космический корабль.

ПЕРВЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ ГОРОДА

Как и при строительстве земных городов, исполнению предшествуют проекты. Рассматривая их, дивишься разнообразию станций. И это хорошо — в космосе, как и на Земле, человек должен избегать однотипности, штампа. Космические города должны быть красивыми, а красота, как утверждают искусствоведы, есть «единство в многообразии».

И все-таки в космических сооружениях неизбежно есть нечто общее. Они должны противостоять вредным воздействиям космоса, космическому вакууму и в то же время быть пригодными для создания искусственной тяжести. Вот почему многие современные проекты крупных космических жилищ повторяют старый, уже знакомый нам проект Ноордунга.

«Космические колеса», вероятно, станут очень распространенным типом крупных орбитальных станций. Собранные на орбите, они могут иметь внушительные, теоретически ничем не ограниченные размеры.

В одном из современных проектов «космическое колесо» имеет поперечник 75 *м*. Оно изготовляется из эластичной пластмассы и рассчитано на экипаж в 200—300 человек. Вполне мыслимы подобные станции и с диаметром в десятки раз большим.

На рисунке (с. 152—153) показана такая орбитальная станция. По существу она ничем (разве что размерами) не отличается от колеса Ноордунга. Обод колеса разделен на отсеки, где находятся рабочие помещения для экипажа, комнаты отдыха, лаборатории и многое другое, о чем читатель узнает, прочтя надписи к рисунку. Заметим, что на этом рисунке, обошедшем весь мир, художник допустил неточности. То ли для наглядности, то ли по другим причинам пол в помещениях изображен не там, где он должен быть на самом деле. Ведь искусственная тяжесть прижимает обитателей станции к внешнему ободу колеса. Именно туда, от центра к периферии, и направлена сила искусственного веса. Значит, то, что на рисунке изображено перегородками, должно быть *полом*, так что рисунок не во всем верен. Но ошибка художника позволила нам еще раз обратить внимание читателя на свойства искусственной тяжести, которые должны определять и общую архитектуру станции, и ее внутреннее устройство.

Советский ученый в области космонавтики Ари Штернфельд предложил построить «космическое колесо» без центральной втулки. Такая конструкция облегчает, конечно, создание станции, но зато усложняет причаливание и отлет с непрерывно вращающегося «бублика» космических кораблей. Кроме того,

на станции не будет помещения, в котором господствовали бы невесомость, необходимая для некоторых экспериментов.

Кроме «космических колес», которые в будущем, вероятно, вместят в себя экипажи в тысячи человек, предложены проекты менее, пожалуй, красивых, но экономически более выгодных станций из цилиндрических блоков. Такими блоками, например, могли бы стать последние ступени ракет-носителей, выведенные на орбиты в район строительства. На станциях такого типа, которые могут быть очень вместительными, искусственная тяжесть, как обычно, создается вращением вокруг центральной оси (на рисунке ось станции отмечена двумя параболическими антеннами радиотелескопов).

Широкую известность приобрел проект американского инженера Д. Роумика, напоминающий космическую оранжерею Циолковского. На рисунках (с. 154—155) показаны последовательные этапы сборки станции на орбите. Основная ее часть — цилиндр длиной в 900 *м* и диаметром 300 *м*. На одном из концов цилиндра виден огромный диск, вместе со всей станцией вращающийся вокруг оси. Из-за большого диаметра диска на его ободе создается значительная искусственная тяжесть. Другой конец основного цилиндра станции переходит в полусферу. В корпусе станции имеются окна, которые можно прикрывать специальными ставнями. Внутри станции предполагается разместить не только жилые, рабочие помещения, склады и лаборатории, но даже магазины, спортплощадки, кинозалы и многое другое, что напомнит обитателям станции привычную земную обстановку.

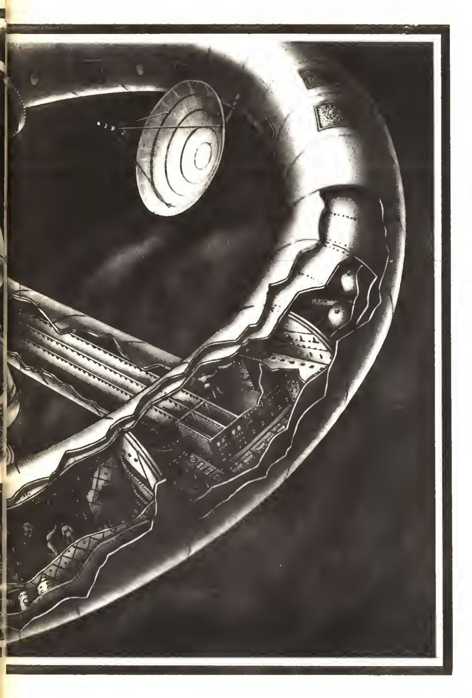
Станция Роумика рассчитана на экипаж в 20 000 человек. Собственно, это уже не станция и не экипаж, а настоящий космический город! Еще более впечатляющим выглядит проект О'Нейла, который, как считают, может быть реализован уже в ближайшие 30—50 лет. Его техническое осуществление вполне серьезно обсуждается за рубежом.

Основой станции О'Нейла, как и в предыдущем проекте, служит цилиндр. Он разделен на шесть продольных секторов, из которых три изготавливаются из прозрачного материала. Эти огромные «окна» чередуются с непрозрачными секторами, на внутренней поверхности которых создается земноподобная обстановка. Такие участки станции О'Нейл называет «долинами». Их основа, то есть стенки цилиндра, изготовляют из алюминия с примесью титана, а прозрачные секторы покрываются стеклом. Атмосфера внутри цилиндра вполне земная — смесь азота и кислорода с примесью других газов.

Цилиндр вращается вокруг центральной оси, и потому в его «долинах» действует искусственная тяжесть. Цилиндр должен быть ориентирован так, чтобы его основание было постоянно

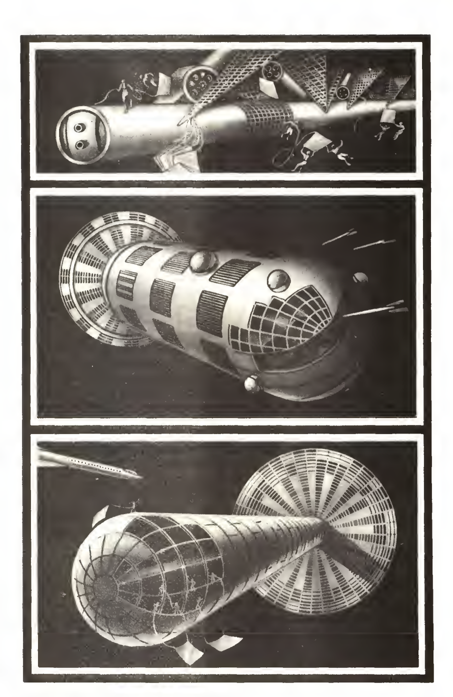


Крупная орбитальная станция на 200—300 человек.
Вращением станции создается искусственная тяжесть.

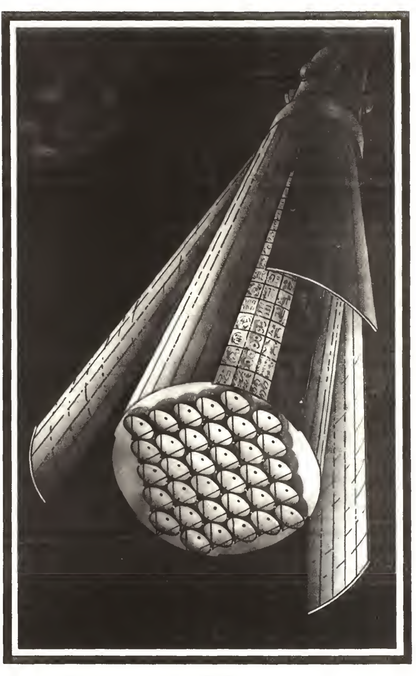




Крупная орбитальная станция из цилиндрических блоков. Виден причаливающий к станции орбитальный самолет.



Орбитальные станции на 20 000 человек.



Орбитальная станция по проекту О'Нейла.

направлено на Солнце. Здесь, на торце станции, расположена солнечная электростанция, дающая мощность 120 киловатт на каждого обитателя станции.

Прозрачные «окна» снабжены огромными ставнями-зеркалами, посылающими солнечный свет внутрь станции. В зависимости от их наклона на станции можно устраивать разную освещенность, соответствующую земному утру, полдню или сумеркам. На «ночь», как и положено, ставни закрываются, а с наступлением «утра» опять открываются. С помощью сложной системы терморегулирования на станции удается создать и искусственную смену времен года.

«Долины» станции засыпаны слоем грунта толщиной около полутора метров. При желании можно устроить тут даже холмистый рельеф. Для большего сходства с Землей возможно сделать так, чтобы из одной «долины» не были видны две остальные. Предполагается соорудить цилиндр настолько крупным, что солнечный свет, рассеиваясь внутри станции, создаст иллюзию голубого неба. А если еще добавить сюда водяной пар, то появятся облака и пойдет дождь — совсем как на Земле!

Поверхности «долин» предполагается застроить домами, развести здесь сады и парки, построить стадионы. Станции О'Нейла рассчитаны на полное самообслуживание, то есть полностью замкнутый экологический цикл. Поэтому на станциях О'Нейла будут и сельскохозяйственные площади, и заводы, и все другое, чтобы создать на орбитах жизнь, совершенно независимую от Земли. Короче говоря, станции О'Нейла — это крошечные «небесные земли», построенные в космических окрестностях нашей матушки-Земли.

Первая станция предназначена для населения в 10 000 человек. При радиусе в 100 *м* она должна иметь в длину 1 *км*. Период вращения станции вокруг оси запроектирован равным 21 секунде. Первая космическая колония, разместившаяся на станции, главной своей задачей сделает разработку и создание следующей, улучшенной модели станции того же типа. Эта новая станция второй очереди будет иметь внутреннюю поверхность, в 10 раз большую, чем у первой модели. Такой же порядок сохранится и для последующих станций, так что четвертая из них, которая будет собрана в 2008 году, достигнет в длину 40 *км* при диаметре в 7 *км*. В такой станции, если верить О'Нейлу, разместятся 20 миллионов человек! Более того, О'Нейл полагает, что через 30—40 лет 90% населения Земли переселится в космос и заполнит многочисленные к тому времени цилиндры О'Нейла!

Любопытно, что местом строительства первых своих станций О'Нейл выбрал треугольные точки либрации, теоретически открытые, как помнит читатель, еще Лагранжем. Именно здесь,

вблизи этих точек, положение станций будет достаточно устойчивым, а строительство их достаточно удобным. Материал для станций О'Нейл предполагает брать не с Земли, а с Луны. На лунных заводах из лунных пород легко добыть и стекло и алюминий. А ведь именно эти материалы и потребуются для сооружения цилиндров О'Нейла. Есть на Луне и кислород, который можно выделить из лунных пород. А вот жидкий водород, машины и другое оборудование придется с помощью транспортных кораблей доставлять с Земли. Оттуда же, естественно, в район строительства прибудет и отряд космонавтов-монтажников численностью на первых порах в 2000 человек.

По расчетам О'Нейла, постройка первой станции его конструкции обойдется примерно в 30 миллиардов долларов (напомним, что полеты «Аполлонов» на Луну стоили в общей сложности 25 миллиардов долларов). Из 30 миллиардов долларов 8,5 миллиарда понадобится для того, чтобы доставить с Луны в район строительства 400 000 *т* лунных материалов. Доставка людей с Земли будет стоить 2,2 миллиарда долларов. Подсчитана даже общая зарплата космонавтов-монтажников на время строительства — 7,8 миллиарда долларов!

Вторая, улучшенная модель станции будет стоить на 10% дороже первой. Но для третьей и четвертой моделей О'Нейл предполагает использовать материал астероидов, а это, конечно, резко увеличит расходы на строительство.

Что все это — беспочвенная фантазия, невыполнимая мечта? Технический прогресс идет так стремительно, что создание крупных околоземных космических колоний не за горами. Другое дело — оптимистическая увлеченность О'Нейла, его прогнозы о переселении почти всех людей на его цилиндры. Как они ни хороши, ни совершенны, а все-таки никакого сравнения с нашей Землей с ее океанами и полями, горами и вообще земным раздольем они, конечно, не выдерживают.

Тесновато все-таки в цилиндрах О'Нейла. В трубе длиной всего 1 *км* и поперечником 200 *м* (первая модель) должны постоянно жить 10 000 человек. О каком раздолье на «долинах» О'Нейла может идти речь? Тесновато и душно, несмотря на все ухищренные подражания Земле. Как долговременные научные станции, рассчитанные на огромные экипажи, цилиндры О'Нейла, конечно, хороши, но как место постоянного жительства они вряд ли вызовут у кого-нибудь энтузиазм.

Впрочем, есть проекты и таких технических сооружений, по сравнению с которыми вся наша планета выглядит крошечной и тесной.

«ЭФИРНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ»

Придет время, и постоянные орбитальные станции появятся на околоземных, а также околопланетных орбитах. Что касается Луны, то вокруг нее еще в 1966 году был запущен первый искусственный спутник («Луна-10»). Позже такие спутники появились в окрестностях Марса и Венеры. Несомненно, что в обозримом будущем спутниками обзаведутся и другие планеты. За ними и последуют лунные и планетные пилотируемые орбитальные станции. Видимо, так начнется заселение Солнечной системы. Разумеется, наряду с этим будут заселяться поверхности Луны, Марса, может быть Меркурия, а также некоторых спутников больших планет.

Лунные и планетные крупные орбитальные станции, скорее всего, будут походить на те, которые создадут в окрестностях Земли. Некоторые из них станут космическими портами — прежде чем совершить посадку на Луну или планету, космические корабли причалят к такой станции. С нее же, заправившись топливом, легче совершить и обратный перелет на Землю. На лунных и планетных орбитальных станциях будут, конечно, предприняты различные научные исследования. Все это должно подготовить почву для той коренной перестройки Солнечной системы, о которой мечтал К. Э. Циолковский.

О том, как именно должна происходить такая перестройка, Циолковский мог высказать, естественно, лишь самые общие соображения. Эти далекие перспективы, как признавал и сам великий ученый, рисовались ему «пока еще в тумане». Но главная идея выражена Циолковским вполне четко: освоение Солнечной системы должно выражаться не в заселении твердых поверхностей некоторых планет (их площадь, увы, сравнительно невелика!), а в создании грандиозных искусственных сооружений, «эфирных поселений», строительным материалом для которых послужит вещество «разобранных», разрушенных планет.

Поначалу, как считал Циолковский, строительство «эфирных поселений» начнется в кольце астероидов, между орбитами Марса и Юпитера. Из разрушенных, стертых в порошок астероидов изготовят диск, который расположат перпендикулярно солнечным лучам. Делается это для того, чтобы уловить побольше солнечной энергии для нужд обитателей диска. В других проектах Циолковский предлагал вместо дисков изготавливать вращающиеся кольца.

Цепочка из таких дисков или колец, вытянувшаяся по орбите, образует, как говорил Циолковский, «ожерелье». Он считал, что великое множество таких ожерелий разных размеров и

в разных плоскостях «опутают» собой центральное светило — Солнце. Для их создания придется, быть может, разрушить все планеты, включая Землю. Но жизнь «в эфире» представлялась Циолковскому настолько прекрасной, что ради нее стоило поступиться чувством жалости к Земле. На множестве «ожерелий», охватывающих Солнце, будут жить и размножаться, или, как говорил Циолковский, «роиться», мириады человеческих существ. Тут будет все и для счастливой жизни, и для познания себя и мироздания. Тогда откроется путь к звездам и к расселению человечества «по всему Млечному Пути».

Эти идеи Циолковского некоторые современные ученые попытались конкретизировать. Так, например, профессор Г. И. Покровский рассчитал влияние приливных сил со стороны естественных тел (Земли, Луны, Солнца и др.) на искусственные сооружения. Как известно, приливные силы Луны создают на Земле два приливных водных «горба», которые (из-за вращения Земли) в виде приливных волн перемещаются по земной поверхности. Более того — Луна растягивает и твердое тело Земли, так что по Земле всегда бегут и твердые приливные волны, дважды в сутки поднимающие нас на высоту в несколько десятков сантиметров.

Если небольшой естественный спутник или мимолетящее иное космическое тело подойдет к крупной планете ближе чем 2,4 ее радиуса, то ее приливные силы разорвут на куски эти тела, и их рой, дробясь при столкновениях, в конце концов превратится в кольцо, окружающее планету. Видимо, так возникло знаменитое кольцо Сатурна и гораздо менее заметные кольца Урана и Юпитера.

Пока орбитальные станции будут сравнительно небольшими, а прочность материала велика, о приливном разрыве таких конструкций можно не беспокоиться. Другое дело — огромные искусственные сооружения, предусмотренные знаменитым «планом Циолковского». Тут надо позаботиться об их прочности, то есть изготовить их из такого материала и расположить их так, чтобы приливные силы их не разрушили.

Производя необходимые расчеты, Г. И. Покровский пришел к выводу, что наиболее «приливоустойчивыми» будут такие конструкции, которые вытянуты в сторону притягивающего их тела (Земли, Солнца) и сплюснуты к плоскости их орбиты. При достаточной прочности самой конструкции приливы в этом случае окажутся бессильными разрушить «эфирное поселение», и оно будет существовать неопределенно долго.

Так как приливные силы относительно невелики, «эфирные поселения» могут достигать очень больших размеров. Однако, как, вероятно, заметил читатель, дискообразные поселения должны располагаться не перпендикулярно к солнечным лучам,

как считал Циолковский, а лежать в плоскости своей орбиты. В остальном же Циолковский прав: из дисков, движущихся в кильватерном строе вокруг Солнца, можно образовать замкнутое кольцо или ожерелье, причем такие ожерелья Г. И. Покровский считал одной из классических форм будущей архитектуры космоса. По его мнению, при строительстве «эфирных поселений» используют прежде всего железо, кремний и кислород — химические элементы, наиболее распространенные в космосе. Правда, опыта в таком строительстве у человечества нет, и трудно сказать, как все получится на практике. Наряду с веществами, как считал Г. И. Покровский, в космических сооружениях будущего придется использовать и свет и другие виды излучений. Если колец, охватывающих Солнце, будет много, из них можно создать нечто вроде сферы, задерживающей драгоценное солнечное излучение. Это последнее обитатели «эфирных поселений» будут с максимальной пользой употреблять для своих нужд.

В 1964 году Академия наук СССР опубликовала небольшую работу К. Э. Циолковского «Жизнь в межзвездной среде». В ней говорится следующее:

«Вообразим сферу, центр которой совпадает с Солнцем и поверхность которой проходит через Землю. Эта поверхность, освещенная внутри отвесными лучами Солнца с такой же силой, как в полдень весною освещается почва на земном экваторе, получает солнечной энергии в 2,2 миллиарда раз больше, чем весь земной шар. Пространства же тут для заселения еще гораздо больше, потому что можно селиться выше и ниже этой сферы, то есть ближе и дальше от Солнца. На Земле распространение человека кверху и книзу затрудняется тяжестью... В эфире этого нет».

Видимо, ничего не зная об этой работе Циолковского, американский физик Ф. Дайсон в 1960 году предложил заключить Солнце в исполинскую искусственную «скорлупу». Материалом для такой сферы Циолковского—Дайсона могло бы послужить вещество Юпитера, а радиус ее, по расчетам Дайсона, при толщине сферы в 2—3 *м* должен вдвое превосходить радиус земной орбиты. Как и Циолковский, Дайсон полагал, что подобная сфера изнутри будет заселена мириадами людей, полностью захвативших солнечную энергию.

К сожалению, сфера Циолковского—Дайсона — сооружение нереальное. Внутри нее царствует невесомость, а жить постоянно в состоянии невесомости человек вряд ли сможет. Непонятно, как в таких условиях заселять внутреннюю поверхность сферы, то есть создавать землеподобный рельеф, строить города, вести сельское хозяйство. Расчеты показывают, что эту сферу вообще нельзя построить из-за огромных внутренних

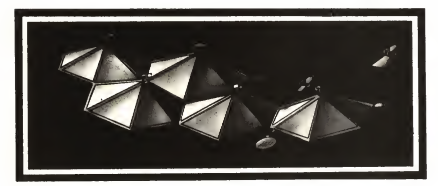
напряжений в ее конструкции, которые не выдержит ни один материал. Так что сплошная скорлупа вокруг Солнца вряд ли когда-нибудь будет создана.

Другое дело отдельные орбитальные блоки или ожерелья, обращающиеся вокруг Солнца по орбитам. К такому варианту в 1966 году перешел и сам Дайсон, снова и в этом повторяя идеи Циолковского. Интересны предложения Дайсона по практической сборке таких «ожерелий».

Так как строить в космосе трудно (сложно, в частности, доставлять на орбиты материал), космические сооружения должны удовлетворять требованию: наибольший объем (или поверхность) при наименьших затратах материала. Исходя из этого принципа, Дайсон предлагает создавать конструкции, которые сам он называет иерархическими. Они состоят из однотипных блоков с постепенно увеличивающимися размерами.

На рисунке показаны блоки первой ступени. Их основой служат металлические балки, длина которых в 100 раз превышает их толщину. Из двенадцати балок, между которыми натягивается тонкая, но прочная пленка, создается многогранник, называемый октаэдром. После этого 100 таких октаэдров скрепляются в одну линию и образуют нечто вроде балки, имеющей длину в 100 раз большую, чем ее толщина. Из этих «балок» собирается октаэдр второй ступени. Ясно, что процесс можно продолжить как угодно долго и в результате создать конструкцию исполинских размеров. Она может образовывать элемент того «ожерелья», которыми постепенно будет окутано Солнце.

Дайсон не входит в детали своего проекта, да и вряд ли сегодня в этом есть необходимость. Важно указать один из возможных инженерных приемов для создания «эфирных по-



Сборка «космического ожерелья».

селений». Как в таких поселениях разместятся люди, что они там будут делать, каким образом создать в этих условиях искусственную тяжесть — все такие вопросы пока остаются без ответа. Гораздо конкретнее разработаны проекты «эфирных поселений» оболочечного типа, к которым относятся в первую очередь проекты О'Нейла.

Конечно, еще трудно сказать, как будет расселяться человечество «в эфире», то есть в космическом пространстве. Раздаются голоса и против всех этих проектов. Предлагается для расселения использовать не «эфирные поселения», а твердые поверхности планет и их спутников. Однако и в том и в другом случае решающим будет то, как сумеют организовать переселенцы с Земли жизнь в космосе. Есть два пути: или человек так перестроит свой организм, что превратится, говоря словами Циолковского, в «животное космоса», способное переносить и невесомость, и вакуум, и вредные облучения, и другие трудности открытого космоса; или (что несравненно реальнее) человек перенесет в космос кусочек земного уюта, то есть создаст в космических поселениях (на планетах ли, или между ними) искусственную земноподобную обстановку.

ЖИЗНЬ МЕЖДУ НЕБОМ И ЗЕМЛЕЙ

Какими бы ни были будущие орбитальные станции, каких бы размеров они ни достигали, основные их системы, вероятно, останутся такими же, как и у современных станций. Изменится, конечно, их техническое устройство, они станут гораздо совершеннее сегодняшних, но цели и назначение сохранятся.

Каждая станция должна иметь систему управления. Это — своеобразный мозг станции, с помощью различных автоматов оценивающий ситуацию в космосе, а также сообщения, поступающие с Земли и других станций. Вычислительные машины обеспечивают быструю обработку информации, что позволяет давать команды на какие-либо действия (например, маневр).

Системы ориентации и стабилизации станции обеспечивают по командам из системы управления намеченный режим полета. Очень важная роль и в будущем отводится энергетической системе, снабжающей станцию энергией, без которой работа и жизнь на ней были бы невозможны. В наше время на орбитальных станциях действуют солнечные батареи, химические источники тока и другие устройства, обеспечивающие станцию электроэнергией. В будущем солнечная энергия станет, вероятно, основным резервом для обслуживания «эфирных поселений».

Система жизнеобеспечения — едва ли не самая важная из

всех перечисленных систем. Начиная с полетов биоспутников системы жизнеобеспечения совершенствовались с каждым полетом. Конечная цель — создать в космосе обстановку, максимально напоминающую земную. Пока что удавалось это сделать, не порывая связи с Землей. Так, например, на «Салют-6» с Земли доставлялись транспортными кораблями «Прогресс» новые запасы пищи и веществ, в том числе и воздуха. Между тем в «эфирных поселениях» и при полетах на другие планеты придется, вероятно, пользоваться так называемым замкнутым экологическим циклом.

Слово «экология» в буквальном переводе с греческого означает «жилище». В современном смысле этого слова экология — наука о взаимодействии живых организмов между собой и с окружающей средой их обитания. Знание законов экологии очень важно для охраны природы нашего общего космического жилища — планеты Земля.

Если бы и в будущем космонавтам надо было пользоваться в полете невозобновимыми запасами пищи, то пришлось бы при длительных полетах брать с собой огромные, буквально неподъемные запасы продовольствия, воды и кислорода. Так, скажем, экипажу из трех космонавтов необходим годовой запас кислорода, воды и пищи в количестве около 6 *т*. А чтобы те же продукты доставить на Марс, стартовый вес ракеты-носителя должен составить десятки тысяч тонн! Ясно поэтому, что для создания нормальных условий жизни «между небом и Землей» надо ввести в практику космонавтики замкнутый экологический цикл. Выражаясь яснее, на межпланетном корабле или орбитальной станции будущего нужно устроить такой же круговорот веществ, какой уже миллиарды лет действует на нашей планете. И так же, как на Земле, источником энергии этого круговорота послужит Солнце. Как же организовать такую микробиосферу, каким образом создать круговорот веществ в «эфирных поселениях»?

В экологически замкнутой системе прежде всего необходимы организмы-производители, которые живут, питаясь неорганическими веществами. К такого рода организмам принадлежат, например, растения, которые будут выращивать в космических оранжереях. Организмы-потребители (животные, человек) питаются организмами-производителями и выделяют при этом органические отходы. Организмы-разрушители, то есть микроорганизмы, разлагают органические отходы до неорганических веществ, которыми питаются организмы-производители.

Круг замкнулся. Все начинается сначала. Если такой цикл осуществить, в «эфирных поселениях» возникнет своя биосфера, никак не связанная с биосферой Земли.

Создавать в космосе замкнутые экологические циклы предложил Циолковский. По его мнению, такие циклы сделают «прекрасной» жизнь человека в эфире. Вспомните: оранжерея была главной частью звезды КЭЦ. Питаясь отходами, которыми удобряют почву, растения очищают воздух в космических жилищах. Они поглощают углекислоту, которая выделяется при дыхании, и поставляют в атмосферу (с помощью солнечных лучей!) живительный кислород. В огромных же «эфирных поселениях» разместятся не только растения, но и животные, которые, как и на Земле, станут важным звеном замкнутого экологического цикла. Со временем в космических огородах будут выращивать картофель, капусту, щавель, свеклу, лук, редиску, короче — все то же, что и на Земле. Приживутся в «эфирных поселениях» и птицы, и рыбы, и другие животные.

Большую роль в освоении космоса сыграет искусственная синтетическая пища.

Современная химия заменяет множество естественных материалов искусственными. Широко вошли в практику заменители кожи, меха, шелка, льна, каучука, дерева, металлов, красок и многого, многого другого. Почему бы не заняться изготовлением синтетической пищи?

Проблема эта не нова. В конце прошлого века французский химик М. Бертло утверждал, что к 2000 году сельское хозяйство будет заменено химической пищевой промышленностью. В Париже в 1855 году был построен первый завод по созданию искусственного сахара.

В 1967 году под руководством академика А. Н. Несмеянова была получена искусственная зернистая икра, внешне неотличимая от натуральной. Источником биомассы для нее послужили некоторые одноклеточные растения, а питательной средой — отходы перегонки нефти. Ко всему этому добавили химические вещества, дающие искусственной икре желательные вкусовые и пахучие качества. Несколько лет назад в Англии разработана технология прямого получения молока из зеленой растительной массы.

Эти первые шаги, конечно, мало приблизили человечество к желанной цели — полному освобождению от естественной пищи. Ведь в опытах А. Н. Несмеянова и его предшественников искусственная пища создавалась из продуктов биосферы (древесных опилок, одноклеточных растений). А нельзя ли уподобиться растениям и синтезировать пищу непосредственно из неорганических веществ?

Все свидетельствует о том, что такой синтез возможен — биосинтез вне живой клетки, в каком-то созданном человеком химическом реакторе. Человек, может быть, когда-нибудь и перейдет от использования продуктов природы к их искус-

ственному сотворению, и, вероятно, в будущем мы научимся получать искусственные белки, жиры и сахар. Мыслимы и другие пути синтеза тех же органических веществ.

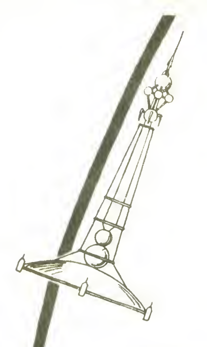
Создание искусственной пищи в промышленных масштабах будет означать величайшую революцию в жизни человечества. На смену сельскому хозяйству придет тогда пищевая химическая промышленность, своеобразные фабрики пищи, опирающиеся на огромные запасы неорганического сырья. Исчезнут нивы и пашни, зато появятся новые заповедники, парники, причудливые искусственные ландшафты.

Как считал В. И. Вернадский, создание искусственной пищи было бы увенчанием долгой органической эволюции, являлось бы не действием свободной воли человека, а проявлением естественного процесса.

Перестав употреблять в пищу животных и растения, человек, вероятно, и психологически изменил бы к ним свое отношение. Потребительство и хищничество заменились бы дружбой, формы которой, конечно, в деталях трудно себе представить.

От борьбы с природой, покорения ее человек неизбежно перейдет к дружбе с природой, «вживется» в нее так, чтобы отношения «человек — природа» стали вполне гармоничными.

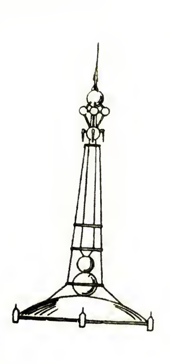
Синтетическая пища изменит жизнь и в «эфирных поселениях». Растения потребуются лишь для очищения воздуха, животные — для сходства с Землей и психологического комфорта. Но зато неизбежно появятся в космосе химические фабрики искусственной синтетической пищи. Что выгоднее, дешевле — старый способ, заимствованный у биосферы Земли, или новый, «бескровный», сохраняющий жизнь всему живому,— покажет будущее. Детальные прогнозы здесь вряд ли сегодня возможны. Как справедливо заметил один советский ученый, все, что мы можем предугадать в будущем,— это пережитки настоящего. Главное же в будущем — неожиданное, небывалое и потому непредсказуемое.



БЕЗДНА МОГУЩЕСТВА

**Основной мотив моей жизни —
сделать что-нибудь
полезное для людей, не
прожить даром жизнь,
продвинуть человечество
хоть немного вперед. Вот
почему я интересовался тем,
что не давало мне
ни хлеба, ни силы.
Но я надеюсь, что мои работы,
может быть скоро, а может
быть в отдаленном будущем,
дадут обществу горы хлеба
и бездну могущества.**

К. Э. Циолковский



РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Для того чтобы овладеть богатствами космоса и приобрести «бездну могущества», о которой мечтал Циолковский, нужно прежде всего иметь соответствующие этой задаче средства передвижения. Желательно, чтобы космические корабли надежно и предельно быстро доставляли космонавтов в намеченный район космоса. Срочность тут нужна по вполне понятной причине: продолжительность человеческой жизни, увы, невелика, а растягивать космический полет на десятилетия, а то и столетия (при полете к звездам) вряд ли целесообразно. В этом случае достигнут цели внуки и правнуки тех, кто отправился в полет. Прожить всю жизнь в пути без всякой надежды увидеть цель путешествия — перспектива вряд ли соблазнительная. К тому же при сверхдальних полетах придется как-то организовать более или менее земноподобный быт внутри космического корабля, организовать нормальную смену поколений, уберечь себя от скуки, однообразия и опасностей. Все это, право же, выглядит очень громоздким и нереальным. Временной барьер — серьезное препятствие для сверхдальних путешествий к звездам. Он выражается не только в краткости человеческой жизни, но и в невозможности превзойти в полете скорость света — предельную, по современным представлениям, скорость движения в природе.

Когда отправляешься в длительное путешествие на автомобиле, рассчитываешь подзаправиться горючим в пути. Если бы не было на трассе бензоколонок, положение водителя выглядело бы незавидным — сколько полных, тяжелых канистр пришлось бы везти с собой! Кстати сказать, при этом из-за тяжести груза резко увеличился бы и расход топлива.

К сожалению, в наше время космическим кораблям все

топливо приходится брать с собой. Заправочных станций в космосе пока нет, а опыты с заправкой топливом на орбите только начинаются.

Коренным образом изменится положение, если создать корабли или, точнее, двигатели, использующие для своей работы не на борту запасенное топливо, а внешние ресурсы космоса, то есть вещество и энергию, находящиеся вне корабля. Тогда космические корабли стали бы гораздо компактнее, экономичнее, дешевле. А полеты в космосе могли бы стать длительными — ведь запасы энергии и вещества во внешней среде практически неисчерпаемы. Надо только суметь их использовать для космических полетов. Располагая совершенными космическими кораблями, человечество сможет уверенно и быстро освоить сначала окрестности Земли, затем всю Солнечную систему, а потом наконец совершить и первые полеты к звездам. Но как достичь такого совершенства? Чем плохи современные космические двигатели? Что можно предложить им взамен в ближайшее время или в отдаленном будущем?

В космическом пространстве, почти неотличимом от пустоты, основное, пока даже единственное средство передвижения — ракета. Не нуждаясь при своем полете в какой-либо опоре или внешней среде, ракета представляет собой почти идеальное средство для освоения, по крайней мере, ближнего космоса.

Коллекция ракетных двигателей — существующих и перспективных — многообразна. Но принцип их действия одинаков и предельно прост. Тем или иным способом двигатель выбрасывает из ракеты массу вещества (так называемое «рабочее тело»), уносящую с собой некоторое количество движения[1]. Сама же ракета по законам механики приобретает при этом такое же по величине количество движения, но направлено оно в противоположную сторону.

Та сила, которая заставляет двигаться ракету, называется силой тяги. Она тем больше, чем значительнее масса, выбрасываемая двигателем ракеты в единицу времени, и чем больше скорость, сообщенная этой массе.

В реальных условиях, например при запуске космических ракет, на летящую ракету, кроме силы тяги, действуют, конечно, и другие силы, например притяжение Земли, сопротивление воздуха. Если ими пренебречь, конечная скорость ракеты будет зависеть от отношения начальной массы ракеты к ее конечной массе (без топлива) и от скорости истечения газов из ракеты.

С появлением реактивных самолетов термин «реактивный»

[1] Количеством движения называется произведение массы тела на его скорость. Изменение количества движения равно импульсу действующей силы.

в нашем представлении невольно сочетается с чем-то очень быстрым, стремительным. «Реакция» — слово латинское. В буквальном переводе оно означает «отдача», «противодействие».

Лодка с гребцами плывет по реке. После каждого взмаха весла опускаются в воду, и с их помощью гребцы энергично отталкиваются от воды. Это действие порождает противодействие. Точнее, возникает реакция — сила, приложенная от воды к веслам, а через них и гребцов к лодке. Эта реактивная сила и заставляет лодку двигаться вперед. Значит, движение лодки с полным правом можно считать реактивным движением.

Заметим, что источником реактивной силы в данном случае служит, в сущности, инерция воды, коренное свойство всех вещей, свойство, выражающееся в сопротивлении изменению скорости. Не будь инерции, не было бы и отдачи, реакции.

Теперь читатель без особого труда сообразит, что и сам он, как и все другие живые существа, двигается за счет реактивной силы, то есть, можно сказать, в известном смысле проявляет себя как... реактивный двигатель.

В самом деле, когда мы идем, мы отталкиваемся ногами от Земли, если угодно, «отбрасываем» земной шар в противоположную сторону. Если бы при этом Земля нам не сопротивлялась, порождая в ответ реактивную силу, ходьба, ползание, качение были бы просто невозможны. Это легко понять, если вспомнить, как затрудняет ходьбу уменьшение трения: как трудно двигаться по скользкому льду или по чересчур натертому паркету.

Конечно, мы говорим об «отбрасывании» земного шара условно. Масса человека так мала по сравнению с массой Земли, что смещение Земли практически неощутимо. В принципе и самая медленная, ленивая ходьба, в сущности, есть все же реактивное движение.

Разумеется, не все движения в природе реактивные. Нельзя, например, считать реактивным полет Земли вокруг Солнца или большинство других общеизвестных движений небесных тел. Но, с другой стороны, реактивные двигатели и реактивные движения встречаются не только в авиации или космонавтике — в природе они представлены очень широко.

Есть, однако, существенное отличие летящей ракеты от плывущей лодки. Гребцы с помощью весел отбрасывают внешнюю, не принадлежащую лодке массу вещества — воды. Ракета в полете, выбрасывая рабочее тело, непрерывно теряет свою массу. При этом она, повторяем, не нуждается ни во внешней среде, ни в особых устройствах для получения реакции извне отталкиванием от этой среды. Поэтому различают двигатели непрямой реакции (типа лодки с гребцами), к числу которых относятся, в частности, обычные авиационные двигатели, от-

талкивающиеся от воздуха с помощью винта, и двигатели прямой реакции (типа ракеты).

В современной космонавтике применяются в основном двигатели второго типа, и лишь на старте, при выводе космического корабля на орбиту, для создания дополнительной тяги могут быть использованы воздушно-реактивные двигатели — двигатели первого типа.

СИЛА И СЛАБОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РАКЕТ

Когда космическая ракета, взмывая вверх, уходит в просторы космоса, ее двигатели совершают огромную работу — они преодолевают оковы земного тяготения. Для совершения этой работы нужна энергия. В химических ракетах, или, точнее, в термохимических ракетных двигателях, эта энергия черпается из различных химических реакций.

Самая простая разновидность двигателей такого типа — обычная пороховая ракета. Трудно сказать, когда впервые человек использовал этот двигатель; во всяком случае, в Древнем Китае он уже был известен. Мы же наблюдаем мирное воплощение этого древнего изобретения во время каждого праздничного салюта.

Конструктивно пороховой ракетный двигатель предельно прост. Он состоит из двух частей: камеры сгорания — химического реактора, где энергия химических связей превращается в тепловую, и реактивного сопла, в котором тепловая энергия газов переходит в их кинетическую энергию.

Ракетные двигатели твердого топлива (РДТТ) давно уже применяются в авиации при старте самолетов. Простота РДТТ очень подкупает, несмотря на недостатки, из которых самый, пожалуй, главный — трудность регулирования тяги двигателя.

Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) — это также мощные тепловые машины, но устройство их несколько иное. Горючее (скажем, керосин, спирт) и окислитель (например, жидкий кислород) хранятся раздельно. Их объединение, выражающееся в бурной реакции горения, происходит в камере сгорания. В камерах сгорания современных ЖРД развиваются температуры порядка 3000 градусов. Чтобы хотя бы отчасти сбить этот «пыл», используют систему охлаждения двигателя. В частности, тепло от камеры сгорания может переходить к холодному топливу, циркулирующему внутри стенок камеры сгорания по специальным трубкам.

Иногда конструкция ЖРД упрощается — это в тех случаях, когда используется так называемое унитарное топливо, объединяющее в себе и горючее и окислитель. Такого рода топлива

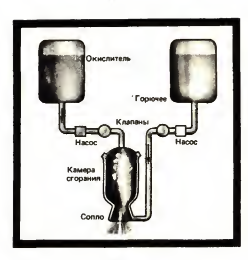


Схема устройства жидкостного ракетного двигателя (ЖРД).

иногда называют жидкими порохами. К их числу относится, например, популярный не только в космонавтике, но и в косметике пергидроль, или перекись водорода. При сгорании в двигателе это вещество распадается на пары воды и кислород с выделением при этом огромного количества тепла. Главное — что перекись водорода горит, так сказать, сама в себе, не требуя участия кислорода воздуха. Впрочем, это не большее чудо, чем, скажем, взрыв пороха в бескислородной среде, под водой.

ЖРД — главный тип двигателей, применяемых в современной космонавтике. Наиболее крупные из них могут развивать колоссальную тягу — сотни тонн! Работают такие двигатели всего несколько минут, но их чудовищная расточительность в расходе топлива вполне оправдана результатом — выводом летательных аппаратов на космические орбиты.

Крупнейшие из современных двигателей, работающие на жидком топливе, имеют большие размеры.

Однако возможности ЖРД все же ограничены, и дальнейшее увеличение размеров ракетных систем будет связано с использованием не химической, а внутриядерной энергии. Впрочем, возможности химических топлив далеко еще не исчерпаны. Поиски высококалорийного химического топлива продолжаются и в настоящее время.

Как это ни странно с первого взгляда, но есть в природе окислители лучшие, чем даже кислород. Таковы, например, озон или фтор. Теоретически возможно, например, использование раствора озона в жидком кислороде. Но такого типа «адские

смеси» требуют крайне осторожного обращения, и это затрудняет пока их применение в космонавтике.

Хорошими горючими считаются такие легкие металлы, как, например, бериллий, бор, но стоят они дорого. Чтобы использовать такое теплопроизводительное топливо, как атомарный водород, надо научиться сохранять водород в атомарном состоянии до того момента, когда в камере сгорания атомы водорода объединятся в молекулы с выделением огромных количеств энергии. Беда в том, что этого как раз и не удается достичь. Объединение водородных атомов происходит гораздо раньше нужного момента.

Можно теоретически подсчитать, что при любых, даже самых выгодных комбинациях горючих и окислителей скорость истечения газов из сопла двигателя (а от нее зависит тяга ракеты) не превысит 5 *км/сек.*

И все же термохимические двигатели, по-видимому, еще долго будут применяться в космонавтике как двигатели мощной тяги, способные вывести тяжелые летательные аппараты на космические орбиты. В этом их сила, но есть у них и существенные слабости.

Двигатели, работающие на химическом топливе, как уже говорилось, необычайно расточительны. Они развивают огромную мощность, однако расход топлива при этом также поражает наше воображение. Например, американский двигатель Г-1, развивающий тягу в 680 *т*, ежесекундно пожирает около 3 *т* топлива!

Освоение Солнечной системы потребует невообразимо больших запасов топлива. Для вывода на параболическую орбиту одного килограмма массы межпланетного корабля потребуется не меньше 4 *кг* ракетного топлива. Фактически же затраты топлива еще больше, так как при каждом взлете топливо расходуется не только на основную цель, но и на побочные процессы (например, на нагрев двигателя, на вывод на орбиту самого топлива и т. п.). Полезная нагрузка химических межпланетных ракет составляет всего 1—2% общего стартового веса.

ЯДЕРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Идея ядерного термического ракетного двигателя, в сущности, очень проста: рабочее тело должно нагреваться в таком двигателе не за счет химических реакций, в нем самом происходящих, а за счет внешнего источника ядерной энергии. Иначе говоря, такой двигатель в качестве своей главной составной части должен иметь ядерный реактор.

Если в атомной бомбе процесс распада ядер урана происхо-

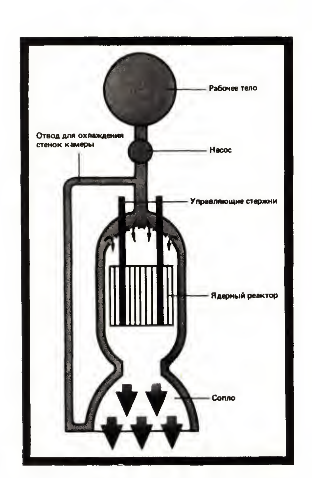


Схема ядерного ракетного двигателя (ЯРД).

дит лавинообразно, с бурно, почти мгновенно нарастающей интенсивностью, то в ядерных реакторах тот же процесс деления искусственно сдерживается в нужных рамках. Выделяющееся при такой управляемой реакции тепло нагревает пар или воду турбины атомной электростанции. Тот же принцип может быть использован и в ракетных двигателях.

Рабочее тело (например, вода или жидкий водород) с помощью насоса под высоким давлением подается к реактору. Протекая по каналам через его активную зону (то есть зону деления ядер урана), рабочее тело нагревается до высокой температуры и переходит в газообразное состояние. Вырывающиеся из сопла раскаленные газы создают реактивную тягу.

Принципиальная схема, как видите, действительно проста.

Практическая же ее реализация наталкивается на многочисленные трудности. Чем сильнее нагревается рабочее тело в реакторе, тем с большей скоростью будут вырываться газы из сопла, тем, стало быть, мощнее тяга двигателя. К сожалению, нагрев этот не может быть достаточно высоким — в ядерных реакторах с твердой активной зоной (то есть содержащими уран твердыми стержнями) максимальная температура рабочего тела вряд ли намного превысит 3000 градусов, так как при температуре 3900 градусов плавятся наиболее тугоплавкие материалы, из которых сделан реактор. Правда, используя жидкий водород, можно и в этом случае довести скорости истечения газов из двигателя до 12—15 *км/сек.*

Если же использовать реакторы с жидкой или газообразной активной зоной, можно получить скорости истечения до 30 *км/сек.* Все это, однако, пока лишь проекты.

Вывести на космические орбиты ядерные реакторы трудно также из-за громоздкости.

Очень тяжел для космических ракет не только сам реактор, но и толстая защита, предохраняющая экипаж от смертоносного излучения.

И все-таки оптимисты считают, что ядерные термические двигатели будут использованы для вывода на орбиты тяжелых космических ракет.

ПОЛЕТ С МАЛОЙ ТЯГОЙ

Может показаться странным, что в современной космонавтике большое внимание уделяется двигателям малой тяги. Так называют реактивные двигатели, выбрасывающие сравнительно небольшое количество вещества и потому способные развить ничтожные ускорения, в сотни, тысячи, а то и в сотни тысяч раз меньшие, чем ускорения земной тяжести (9,8 $м/сек^2$)[1].

Конечно, такие двигатели неспособны оторвать ракету от Земли. Вот и возникает недоумение: зачем же они тогда нужны в космонавтике?

Как стартовые двигательные системы двигатели малой тяги непригодны, но в полете, когда уже космический аппарат выведен на орбиту, роль двигателя малой тяги очень велика.

Легко понять, в чем тут дело. И гравитационные силы, и сообщаемые ими ускорения при прочих равных условиях изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния от притягивающего тела. Например, если ракета удалится от земного шара на расстояние, равное десяти его радиусам, ускорение

[1] Развиваемые ускорения зависят, естественно, от массы корабля в целом и количества используемых двигателей.

земной тяжести на этом расстоянии составит всего сотую долю g. Но ведь 10 земных радиусов — это всего 63 700 *км*, то есть примерно 1/6 расстояния до Луны. На лунной же орбите ускорение земной тяжести равно 0,27 *см/сек*^{2}, то есть близко к 0,0003g.

Подсчитано, что центростремительное ускорение, сообщаемое Земле Солнцем, также невелико — около 0,0006g. Еще раз подчеркнем, что силы тяготения — очень слабые силы и лишь вблизи небесных тел ускорения, ими сообщаемые, значительны. В космическом же полете, когда КА находится, так сказать, между небом и Землей, ускорения сил тяготения сравнимы с теми ускорениями, которые могут развить двигатели малой тяги. Поэтому для активного полета вдали от космических тел эти двигатели вполне пригодны.

Большинство из них существует пока лишь в проектах, многие проходят стендовые испытания, а есть и такие, которые уже опробованы в космическом полете.

Каков принцип действия хотя бы некоторых из двигателей малой тяги?

Поскольку уже говорилось о ядерных термических двигателях, имеет смысл упомянуть об иных возможных использованиях ядерной энергии в космонавтике.

Есть, например, проекты пульсирующего ядерного ракетного двигателя (ЯРД). Небольшие ядерные бомбы с тротиловым эквивалентом порядка 10 *т* периодически взрываются.

Когда удастся осуществить термоядерный синтез, «укротить» термоядерную бомбу, как уже сделано с атомной, можно выделяемую энергию использовать для создания тяги.

Конструкторы космических двигателей разработали ряд проектов, основанных на этом принципе. В таких двигателях развиваемые космическим кораблем ускорения могут в несколько раз превышать g.

Можно использовать радиоактивный распад некоторых веществ. Выделяющееся при распаде тепло пойдет на нагрев рабочего тела, например водорода. Конструктивно такой двигатель был бы сравнительно прост. Но у него есть и серьезный недостаток — невозможность управлять радиоактивным распадом. Кроме того, вряд ли тяга такого двигателя превысит 400Г, а ускорения — тысячные доли g.

Вся жизнь современного человечества связана с электричеством, можно сказать — пронизана электроэнергией. Нельзя ли этот, пожалуй, самый распространенный в технике вид энергии применить для космических полетов?

Проектов электрических ракетных двигателей (ЭРД) великое множество. Более того, из всех двигателей малой тяги ЭРД — самые перспективные.

Электротермические двигатели. В них рабочее тело нагревается за счет электрической энергии, и этим они отличаются от термохимических двигателей. Методы электрического нагрева могут быть различными. Для этой цели годится, например, электрическая дуга.

В камере сгорания дугового ЭРД помещены два электрода, между которыми при пропускании тока возникает электродуга. Поступившее в камеру рабочее тело (например, жидкий водород) испаряется в дуге, и раскаленные газы с огромной скоростью (15—20 *км/сек*) вытекают из сопла. Ускорения, развиваемые электротермическими двигателями, обычно не превосходят сотой части *g*.

Ионные[1] двигатели. Принцип их действия иной. У рассмотренных до сих пор двигателей рабочее тело должно быть очень нагрето, потому что именно тепловая энергия переходит в кинетическую энергию вылетающих из сопла газов.

В ионных двигателях разгон рабочего тела производится «холодным» способом. Да и рабочее тело особенное — это облако ионов какого-нибудь вещества.

Итак, пары какого-либо легко ионизируемого металла (например, цезия или рубидия) поступают в ионизатор, где атомы, теряя электроны, превращаются в ионы. Далее ионы разгоняются электрическим полем до колоссальных скоростей в специальном электростатическом ускорителе. Однако просто выбросить эти ионы из сопла двигателя нельзя, так как вскоре образовавшийся на двигателе заряд противоположного знака будет препятствовать выбросу новых положительных частиц. Поэтому в ионном двигателе предусмотрено устройство, нейтрализующее поток ионов потоком отделенных от атомов электронов. Роль этого нейтрализатора, таким образом, противоположна роли ионизатора, и потому из сопла ионного двигателя выбрасывается в пространство электрически нейтральная струя.

Моделью ионного двигателя мог бы служить... кинескоп телевизора! Действительно, если в центре телевизионного экрана сделать отверстие, поток электронов, не встретив препятствия, вырвется наружу. Телевизор превратится в настоящий ионный двигатель, правда очень примитивный (без нейтрализатора) и крайне маломощный. Тяга «телевизионного двигателя» не превысит десятимиллиардных долей грамма, так что неподвижность телевизора в этом воображаемом эксперименте обеспечена прочно.

Космические ионные двигатели вряд ли когда-нибудь разовьют ускорения, превышающие тысячные доли *g*. Тем не

---

[1] Ионы — электрически заряженные атомы.

менее ионным двигателям из-за высокого коэффициента полезного действия уделяется сейчас очень много внимания.

В июле 1964 года в США было проведено первое летное испытание ионного двигателя «Серт-1», который успешно действовал около получаса.

Электромагнитные, или магнитоплазменные, двигатели. В качестве рабочего тела в них используется плазма. Совсем еще недавно термин «плазма» употреблялся только в биологии и медицине. Плазма — жидкая часть крови, цитоплазма — вязкая жидкость, заполняющая внутреннюю часть живой клетки.

Сейчас слово «плазма» широко введено в речевой обиход физиками, которые под этим термином понимают газ, состоящий в основном из ионов и электронов. Плазма — отличный проводник электричества, и это ее основное свойство широко используется в плазменных ракетных двигателях.

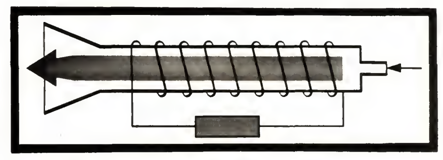
В каждом двигателе такого типа должен быть источник (генератор) плазмы. Им может быть электрическая дуга, между электродами которой при разряде образуется плазма. Если теперь струю плазмы разогнать магнитными или электрическими силами до высоких скоростей истечения из сопла, получится магнитоплазменный ЭРД. Разогнать плазму можно самыми разными способами.

Помните школьную модель электромагнитной пушки? Когда обмотка катушки подключается к сети переменного тока, металлическое кольцо, надетое на сердечник катушки, взлетает в воздух. Физический механизм этого явления несложен: переменный ток в катушке порождает переменное магнитное поле, которое в свою очередь индуцирует ток в надетом на сердечник кольце. Этот индукционный ток в кольце также порождает магнитное поле, и притом такого направления (по знаменитому правилу Ленца), которое противоположно направлению «наводящего» магнитного поля катушки. Результат — взаимное отталкивание магнитных полей и взлет кольца.

Кстати, заметьте: если попробовать рукой удержать кольцо, очень скоро мы его выпустим из пальцев — индукционный ток сильно разогреет его.

Оба описанных явления — и отталкивание магнитных полей, и разогрев индукционными токами — используются в индукционном плазменном двигателе. Плазма — отличный проводник. Помещенная в переменном магнитном поле, она ведет себя, как кольцо в школьном опыте: сильно разогревается и вылетает с большой скоростью из катушки. Здесь электроэнергия используется и на нагрев и на выброс плазмы.

Есть плазменные двигатели и другого типа. Все плазменные



Индукционный плазменный двигатель.

двигатели развивают очень малую тягу, и ускорения, ими сообщаемые, не превосходят тысячных долей g.

Плазменные двигатели не только испытываются в лабораториях, но уже давно были проверены в космическом полете.

Запущенная в конце 1964 года к Марсу советская межпланетная автоматическая станция «Зонд-2» имела шесть небольших плазменных двигателей, с помощью которых достигалась требуемая расчетами ориентация станции.

Электрические ракетные двигатели отличаются простой регулировкой тяги, в этом — одно из важных их преимуществ. Основной недостаток — для них нужны громоздкие, тяжелые источники электроэнергии.

Для каждого ЭРД приходится захватывать на орбиту и небольшую электростанцию. Для ЖРД, где источник энергии и рабочее тело нераздельны, эта проблема отсутствует. Любопытно, что максимальная мощность, развиваемая современными ЖРД, умопомрачительно велика. Так, можно подсчитать, что ЖРД с тягой в 100 *т* развивает при выводе космического аппарата на орбиту мощность в 2 миллиона лошадиных сил! Если поставить такую же задачу перед ЭРД, то это значит, что надо прихватить с собой электростанцию более мощную, чем Братская ГЭС! Нереальность такой попытки очевидна.

Правда, ЭРД — это двигатели малой тяги, для старта непригодные. Поэтому требования к мощности бортовой электростанции соответственно снижаются. Снижаются, но не исчезают: подсчеты показывают, что при ничтожной тяге всего в 100 *г* мощность бортовой электростанции должна быть не меньше 40 лошадиных сил.

Вот в этом состоит основная трудность практического использования ЭРД. Найти мощные и в то же время легкие источники электроэнергии — главная задача, которую предстоит решить.

Из всех видов электростанций атомные электростанции, пожалуй, наиболее подходящие для ЭРД. Портативные атомные батареи, источником энергии в которых служит радиоактивный распад цезия и других элементов, уже использовались на американских спутниках. В будущем для питания ЭРД будут применяться, вероятно, и ядерные реакторы. Проектов такого типа очень много.

Термические двигатели мощной тяги работают считанные минуты — они, как уже говорилось, безмерно прожорливы и успевают за эти минуты израсходовать полностью рабочее тело. Двигатели малой тяги куда более экономны и «благоразумны» — они расходуют меньше веществ, но зато могут действовать непрерывно многие недели и даже месяцы. Легко подсчитать, до каких скоростей, скажем, за два месяца может разогнаться тело, отправившееся в путь с ускорением всего в 0,001 g. Получается, что через два месяца тело будет иметь скорость 50 *км/сек*. Уже этот расчет показывает, что с двигателями малой тяги можно, по-видимому, преодолеть огромные расстояния.

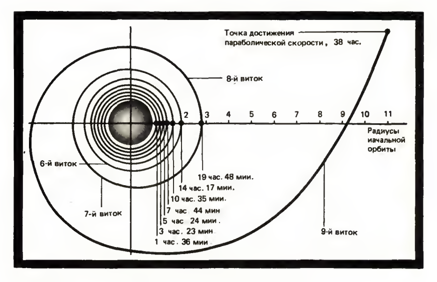
ПАРАДОКС НАИЗНАНКУ

Помните, в чем заключался знаменитый «парадокс спутника»? Встречая сопротивление земной атмосферы, спутник постепенно снижается, но с приближением к Земле его скорость по законам небесной механики возрастает. Выходит, что торможение в атмосфере ускоряет полет спутника.

О причинах этого действительно парадоксального явления мы уже говорили. Представьте себе теперь, что полет спутника снят кинокамерой, а при демонстрации фильма кинопленку мы пустим в обратном направлении, от конца к началу. На экране возникнет странная картина: спутник удаляется от Земли по раскручивающейся спирали, непрерывно замедляя при этом свой полет.

Любопытно, что этот несложный кинотрюк имеет прямое отношение к действительности. Полет по раскручивающейся спирали, этот своеобразный парадокс наизнанку, получится в том случае, если спутник снабдить каким-нибудь двигателем малой тяги.

В самом деле, тяга такого двигателя по величине сравнима с сопротивлением атмосферы, и, если сила тяги будет направлена в ту сторону, куда движется спутник, она будет выполнять роль, обратную той, которую играет сопротивление атмосферы. Воздух тормозит полет спутника, тяга двигателя, направленная в сторону движения спутника, должна... замедлять его полет!



Траектория полета космического летательного аппарата с двигателем малой тяги (ускорение 0,005 g).

Нет, это не описка — именно замедлять, а не ускорять; если торможение в атмосфере ускоряло полет спутника, то противоположно действующий фактор — разгон спутника с помощью двигателя малой тяги — замедлит его полет! Разгон, замедляющий полет,— не правда ли, парадоксальное сочетание слов? Но именно это и получится в действительности.

На рисунке показана траектория полета космического аппарата, разгоняемого двигателем малой тяги. Это — спираль, медленно раскручивающаяся. Хотя скорость аппарата при полете по этой спирали непрерывно уменьшается, он может достичь не только эллиптической, но и параболической и даже гиперболической скорости (относительно Земли) для данной точки космического пространства!

Если, например, выключить двигатель на первых витках спирали, аппарат продолжит свободный полет по почти круговой орбите, так как достигнутая им скорость в момент выключения двигателя будет близка к круговой скорости для данного расстояния от Земли. Если выключение двигателя произвести, скажем, на 8-м витке спирали, то, хотя скорость аппарата будет меньше, чем в первом случае, для этого расстояния от Земли она окажется эллиптической; иначе говоря, пассивный полет будет продолжен по эллиптической орбите. Наконец, после

выключения двигателя космический аппарат полетит далее по параболе.

Как видите, аппарат, снабженный двигателем малой тяги, действительно «разгоняется» до параболических и даже гиперболических скоростей, вместе с тем замедляя свой полет. Это ли не один из самых удивительных парадоксов космонавтики?

Теперь уже стало яснее, где и как применять двигатели малой тяги. Они, например, удобны, когда необходимо сохранить постоянную орбиту спутника. Сопротивление воздуха постепенно «сбрасывает» близкие спутники на Землю. Установленный на спутнике и время от времени включаемый двигатель малой тяги будет поддерживать спутник «на должном уровне».

Неоценимы услуги двигателей малой тяги при грузовых перевозках с Земли на Луну. Благодаря высоким скоростям истечения рабочего тела двигатели малой тяги могут перемещать в космическом пространстве гораздо бо́льшую полезную нагрузку, чем, скажем, термохимические ракеты.

Конечно, при этом несколько удлинятся сроки — полет к Луне «малой скоростью» займет несколько дней или даже недель. Но для грузовых перевозок это обстоятельство несущественно. Для человека длительные перелеты нежелательны — возрастает при этом вероятность столкновения с метеорными телами. Правда, при полетах на очень большие расстояния и этот недостаток двигателей малой тяги (длительность перелетов) устраняется. Поясним, в чем здесь причина.

Представим себе космический аппарат, расположенный на земной орбите. Солнечное притяжение сообщает ему ускорение 6×10^{-3} *м/сек*^{2}. Двигатели малой тяги могут тому же аппарату сообщить не только близкое к этому, но и в десятки раз большее ускорение. Значит, спираль, по которой аппарат с двигателем малой тяги начнет удаляться от Солнца, будет раскручиваться куда быстрее, чем рассмотренная выше «околоземная» спираль. Это и понятно, так как, стартуя с орбиты спутника Земли, двигатель малой тяги способен сообщить аппарату ускорения, которые в тысячу раз меньше ускорения силы тяжести.

Расчеты показывают, что с ионным двигателем, дающим ускорения около 0,001 g, межпланетный ионолет достигнет орбиты Марса (стартуя с земной орбиты) еще до завершения первого оборота спирали.

Чем дальше цель межпланетного полета, тем эффективнее применение двигателей малой тяги. Например, при ускорении 0,0001 g межпланетный корабль достигнет Марса через 300 дней.

Для ионных же двигателей, развивающих большие ускорения, сроки перелета на Марс и Венеру почти такие же, как у химических ракет. Зато при полете с таким двигателем к дальним планетам сроки сокращаются просто поразительно.

Например, ионолет может долететь до Юпитера за 1,5 года, до Сатурна — за 2,5 года, до Плутона — всего за 3 года! С термохимическими ракетами удалось бы добраться до двух последних планет лишь соответственно за 6,5 и 19 лет. Вот где поговорка «тише едешь — дальше будешь» полностью оправдана.

Двигателям малой тяги принадлежит великое будущее. Только они позволят человечеству «завоевать все околосолнечное пространство». Но никогда не следует забывать, что аппараты, снабженные такими двигателями,— это своего рода «межзвездные скитальцы». Они не могут ни подняться в космос с поверхности Земли, ни «причалить» к какому-нибудь маломальски крупному небесному телу. Для взлета и посадки они совсем непригодны. Лишь в сочетании с мощными термохимическими и ядерными ракетами двигатели малой тяги принесут неоценимую пользу космонавтике.

КОСМИЧЕСКИЙ ПАРУСНЫЙ ФЛОТ

Морской парусный флот доживает свои последние дни. Сейчас редко можно увидеть на море крупное парусное судно, разве только что учебное. Корветы и бригантины безвозвратно ушли в прошлое, уступив место моторному надводному и подводному флоту.

Тем удивительнее возрождение парусов в самой современной области человеческой деятельности — в космонавтике. Намечается создание грандиозного небесного парусного флота. Только паруса для космических «парусников» будут особенными — очень большими по площади и вместе с тем предельно легкими. И надувать эти паруса будут не морские бризы или штормы, а давление солнечного света.

Идея солнечного паруса (этот несколько поэтический термин официально вошел в космонавтику) предельно проста. Свет оказывает, как известно, давление на освещаемые предметы. В земной обстановке это давление почти никак себя не проявляет, потому что величина его ничтожна. На каждый квадратный метр земной поверхности солнечные лучи давят с силой около 1 миллиграмма. Не могут как-либо повлиять солнечные лучи и на полет современного самолета — ведь общее световое давление на самолет не превысит сотых долей грамма. На всю Землю солнечные лучи давят, правда, с силой 80 000 *т*. Но и эта величина покажется ничтожной, если вспомнить, что

Земля имеет массу 10^{21} *т*. Словом, в земной обстановке солнечные паруса непригодны. Другое дело — в космосе.

Представьте себе космический межпланетный корабль, единственным двигателем которого будет огромный солнечный парус. Расчеты показывают, что аппарат с массой в полтонны, снабженный парусом диаметром в 300 *м* с поверхностной плотностью 0,2 миллиграмма на квадратный сантиметр (что достижимо уже для существующих материалов), способен развить ускорение порядка 0,0001 *g*.

Стартуя с земной орбиты, такая космическая бригантина доберется до Марса за 286 суток. Если сделать парус диаметром в 2 *км*, то с его помощью космический аппарат массой в 5 *т* может даже покинуть Солнечную систему. Словом, создание космического парусного флота — идея весьма привлекательная.

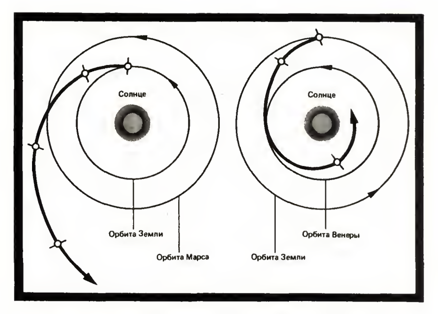
Космические бригантины смогут маневрировать не менее успешно, чем их земные предшественницы. Не беда, что солнечный световой ветер надует их паруса не сразу, а за десятки секунд или даже минуты. Когда солнечные паруса уже надуты, космический парусник может легко маневрировать как парусная яхта.

Допустим, что космическому кораблю надо долететь до Марса. В этом случае при старте с земной орбиты можно поставить солнечный парус перпендикулярно солнечным лучам и сохранить такую ориентацию в течение всего полета.

Давление солнечных лучей, как и притяжение Солнца, меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Солнце тянет корабль к себе, солнечный парус — в противоположную сторону. Создается положение, при котором космический корабль будет двигаться как бы под действием «ослабленного» тяготения Солнца. Но если при круговом полете КА солнечное притяжение вдруг почему-либо ослабнет, корабль по законам небесной механики, очевидно, перейдет с круговой орбиты на бóльшую, эллиптическую. Подбирая соответствующим образом технические параметры космической бригантины (в частности, площадь ее паруса), можно «под парусами» долететь до орбиты Марса.

Ту же задачу удобнее решить иначе. Если расположить солнечный парус так, чтобы лучи Солнца падали на него под некоторым острым углом, освещенность паруса, естественно, уменьшится, но зато появится составляющая силы тяги, направленная в сторону движения корабля. При таком «попутном ветре» небесный парусник долетит до Марса по спирали, и притом гораздо быстрее, чем в первом случае.

Любители парусного спорта часто используют маневр движения против ветра. Нечто подобное можно осуществить и



Полет корабля с солнечным парусом к внешним планетам (слева) и к внутренним (справа).

в космосе. Представьте себе, что солнечный парус повернут слегка навстречу солнечным лучам, так что появляется составляющая светового давления, направленная против движения корабля. В этом случае солнечные лучи будут «сбивать» скорость корабля, который начнет падать к Солнцу по закручивающейся спирали. Применив этот маневр, можно, очевидно, перелететь с Земли на Венеру или Меркурий. Таким образом, космические бригантины способны перемещаться по всей Солнечной системе.

Пусть космический аппарат с солнечным парусом развивает ускорение 0,0002 g и совершает полет по касательному эллипсу. Тогда такой космический аппарат доберется с земной орбиты до Марса за 322 дня, до Венеры за 164 дня, до Меркурия за 0,53 года, до Юпитера за 6,6 года, до Сатурна за 17 лет, до Урана за 49 лет, до Нептуна за 96 лет, до Плутона за 145 лет. В отличие, скажем, от ионных двигателей космические бригантины выгодно использовать, пожалуй, лишь для ближних межпланетных перелетов. При полете к далеким планетам сроки получаются устрашающими (если не применять фантастически большие паруса). А ведь и солнечный парус, и ионный двигатель — это двигатели малой тяги.

Разгадка этого несложного парадокса очевидна. Ионный двигатель, как и другие рассмотренные нами двигатели малой тяги (кроме солнечного паруса), имеет всюду постоянную тягу и развивает в любой точке Солнечной системы одно и то же ускорение.

Иное дело — солнечный парус. Давление света, а стало быть, и ускорение, развиваемое космической бригантиной, тем больше (при одинаковой ориентации паруса), чем ближе она к Солнцу. Поэтому при полете в сторону Солнца, к Меркурию или Венере «световой ветер» усиливается, сильнее надуваются солнечные паруса. Наоборот, удаляясь к темным границам Солнечной системы, космический аппарат с солнечным парусом попадает в зону почти полного «безветрия». Вот почему ускорения солнечных бригантин высчитываются для определенного расстояния от Солнца (в приведенных примерах это ускорение указано для расстояния, равного радиусу земной орбиты).

Самое, пожалуй, трудное в создании космического парусного флота — это постройка огромных, очень тонких и прочных парусов и создание их сложной арматуры. Для этой цели, по-видимому, годятся пластмассовые пленки. Успехи современной химии вселяют надежду, что открытие космической навигации «под парусами» — дело вполне обозримого будущего.

Космический аппарат с солнечным парусом использует для своего полета внешнюю энергию — солнечное излучение. Это же излучение можно сделать основным источником энергии и в другом устройстве — гелиотермическом двигателе, схема которого перед вами. Вогнутое параболическое или сферическое зеркало собирает солнечные лучи на трубчатом нагревателе, внутри которого находится рабочее тело — жидкий водород. Нагреваясь, он превращается в газ, вытекающий из сопла со скоростью до 15 *км/сек.* Для облегчения конструкции такого двигателя его надувное зеркало можно сделать из пластмассы и отражающую поверхность покрыть тонким слоем алюминия. Подсчитано, что гелиотермические двигатели смогут развивать ускорения до 0,01 g. Таким образом, и они будут двигателями малой тяги, использующими для своей работы внешние источники энергии. В этом, собственно, и состоит их главное достоинство. К сожалению, с удалением от Солнца в холодные и темные области Солнечной системы эффективность гелиотермического двигателя быстро уменьшается.

Есть проекты использования лазеров для космических полетов. Мощный луч наземного лазера направляется с Земли на космический аппарат, в котором этот луч нагревает какое-нибудь рабочее тело. Так как энергия в лазерном луче весьма

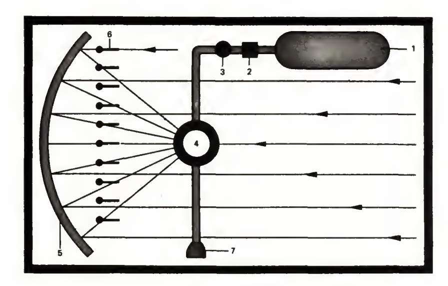


Схема солнечного теплового двигателя: *1* — бак с рабочим телом; *2* — насос; *3* — регулятор расхода; *4* — нагреватель; *5* — зеркало; *6* — управляющие шторки; *7* — сопло.

велика, скорость истечения в лазерных двигателях может быть высокой, а ускорения, сообщаемые аппарату, по-видимому, во много раз превысят g. К сожалению, с удалением от Земли энергия лазерного луча быстро ослабевает, так что использовать этот вид космической тяги удастся лишь до высот около 100 *км*. Разумеется, и «лазерный» двигатель хорош тем, что использует при полете внешнюю энергию, а это существенно облегчает конструкцию космического корабля.

ЧТО ТАКОЕ ГРАВИЛЕТ?

Среди проектов необычных космических двигателей будущего нам хочется отметить гравилет, идея которого принадлежит советским ученым В. Белецкому и М. Гиверцу[1].

Представьте себе космический аппарат в форме гантели, ось которой перпендикулярна к прямой, соединяющей ее середину с центром Земли. На каждый шар гантели действует сила, направленная под некоторым углом к ее оси. Геометрическая сумма этих двух сил, строго говоря, меньше силы, с

[1] Подробнее об этом можно прочитать в книге В. В. Белецкого «Очерки о движении космических тел», 1977.

которой Земля действовала бы на оба шара гантели, если бы они слились в один шар. Разница, конечно, очень невелика, но она существует. Иначе говоря, вытянутость тела, его отличие от материальной точки как бы создает добавочную отталкивательную силу.

Если гантелевидный аппарат снабдить устройством, позволяющим раздвигать или сближать шары космической гантели, то получится гравилет — космический аппарат с «двигателем», работающим только за счет тяготения! В самом деле, раздвигая шары, можно удаляться от Земли, а сближая их, наоборот, приближаться к нашей планете.

Расчеты показывают, что даже при покоящихся шарах космическая гантель будет двигаться по сложной орбите, напоминающей пульсирующий эллипс с периодически меняющимся сжатием. Когда расстояние гантели от Земли минимально, также минимален и эксцентриситет. Наоборот, при наибольшем удалении гантели от Земли и эксцентриситет ее орбиты становится наибольшим.

Если в самой удаленной точке орбиты сжать гантель, сблизить до соприкосновения ее шары, гантель станет обращаться вокруг Земли практически как материальная точка, то есть по кеплеровскому эллипсу с постоянным эксцентриситетом. Если в перигее, ближайшей к Земле точке орбиты, быстро расширить гантель, тогда «отталкивательная» сила приведет ее не в прежний апогей, а в точку, более удаленную от Земли. Повторяя много раз эти операции, можно заставить гравилет удалиться от Земли по раскручивающейся спирали.

Таков принцип работы гравилета. Технически же осуществить этот проект нелегко. Чтобы заметно проявился отталкивательный эффект, длина гантели должна быть очень велика. Так, например, при длине в 2 *км* космическая гантель наберет описанным выше способом параболическую скорость только за ... 20 000 лет!

Расчеты показывают, что при длине в 200 *км* разгон до параболической скорости займет два года, а гравилет длиной в 2000 *км* достигнет той же скорости всего за полтора часа! Правда, такие размеры космического аппарата кажутся сегодня нереальными. Но кто поручится, что и в будущем постройка подобных аппаратов останется непосильной для человечества?

Гравилеты будущего могут оказаться более простыми и дешевыми, чем ионные и плазменные двигатели малой тяги.

Между прочим, не обязательно при полете заставлять сжиматься и разжиматься, то есть «пульсировать», весь гравилет. Достаточно внутри неизменного корабля устроить пульсацию некоторой массы жидкости. Можно применить и другой при-

ем — поворачивать в нужные моменты (с помощью, скажем, маховиков) гантелевидный корабль к центру притяжения (например, к Земле). Принцип при этом остается прежним — изменение положения корабля меняет и силы, на него действующие. Все эти проекты, конечно, пока еще очень далеки от осуществления.

НА РАКЕТЕ К ЗВЕЗДАМ

До сих пор мы говорили о двигателях, которые предполагается использовать главным образом для полетов в Солнечной системе. Великий «план Циолковского» предусматривает, однако, расселение человечества в звездном мире. Насколько реальны эти замыслы? Есть ли хотя бы в принципе осуществимые проекты космических кораблей, на которых возможно перелететь хотя бы к ближайшим звездам?

Невообразимо велики межзвездные просторы. Преодолеть их удастся лишь в том случае, если скорость передвижения станет близкой к скорости света — 300 000 *км/сек.*

Как это ни удивительно, но уже сейчас разрабатываются проекты межзвездных космических кораблей, в частности, так называемых фотонных ракет.

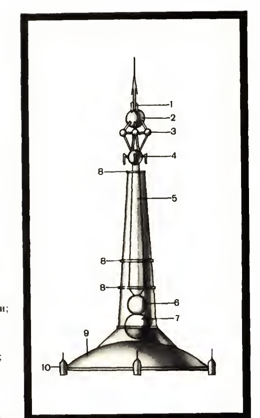
Представьте себе невероятный случай. Вы садитесь в автомобиль, включаете фары, и вдруг автомобиль начинает катиться назад со все возрастающей скоростью. Испугавшись, вы выключаете свет, и машина постепенно останавливается. Свет, отраженный зеркалами фар, создал реактивную силу тяги. Потоки света, вырывающиеся из фар, уподобились струям газов, выходящим из сопла обычной ракеты, а сам автомобиль превратился в световую, или, как говорят, фотонную ракету.

На практике описанный случай, конечно, невозможен. Реактивная тяга, создаваемая светом автомобильных фар, так ничтожно мала, что привести в движение тяжелый автомобиль она не в состоянии.

Будь потоки света несравненно более мощными, автомобиль тронулся бы с места. Все дело именно в мощности излучения, так как потоки света могут создать любую реактивную тягу.

В современных схемах фотонная ракета несколько напоминает исполинский прожектор. Однако источник света в фотонных ракетах совсем иной, чем в автомобильных фарах.

Как известно, в природе существуют, кроме обычных элементарных частиц вещества — протонов, нейтронов и электронов,— противоположные им по электрическому заряду и магнитным свойствам античастицы: антипротоны, антинейтроны и позитроны. Когда частица сталкивается со своей античасти-



Один из проектов межзвездной фотонной ракеты:
1 — космический ракетоплан;
2 — центральный пост управления;
3 — шаровидные обсерватории;
4 — жилые помещения космонавтов;
5 — основной отсек;
6 — резервуары с веществом;
7 — резервуары с антивеществом;
8 — защитные экраны;
9 — отражающее зеркало;
10 — управляющие двигатели.

цей, обе они сразу или через ряд промежуточных состояний превращаются в «порции света» — фотоны. Энергия при этом процессе, называемом аннигиляцией, выделяется в максимально возможном количестве. Если бы, например, удалось аннигилировать 100 *т* вещества, то энергии при этом выделилось бы столько, сколько произвело искусственным путем все человечество за последние 2000 лет!

Для получения сверхмощных потоков света в фотонных ракетах и предполагается использовать аннигиляцию. При соединении струй обычных частиц со струями искусственно полученных античастиц будет выделяться такое невообразимо мощное излучение, которое, отразившись от рефлектора фотонной ракеты, создаст нужную тягу. Проекты эти, однако, пока еще очень далеки от технической реализации. Неясно, как получать

струи античастиц. Трудно себе представить, где, в каких резервуарах можно сохранить антивещество, так как соприкосновение его со стенками резервуара мгновенно приведет к аннигиляции. Потоки излучения будут так мощны, что их отражатель просто испарится, если его не сделать из каких-нибудь сверхстойких материалов или не преобразовать «жесткое», очень энергичное первичное излучение двигателя в менее энергичные, но зато безопасные радиоволны.

Короче говоря, до технического осуществления фотонной ракеты еще далеко. Но уже сейчас ясно: эти двигатели в принципе могут открыть человечеству путь к звездам. С их помощью, быть может, удастся развивать скорости, близкие к скорости света.

Если же отказаться от околосветовых скоростей, то продолжительность межзвездных перелетов возрастет до многих тысячелетий и миллионов лет. Даже использование длительного анабиоза вряд ли решит проблему, так как главная цель полета (обмен информацией с внеземной цивилизацией) утеряет всякий смысл — кому нужны ответы, полученные через тысячелетие после запроса?

И все-таки воздержимся от категорического приговора: «межзвездные перелеты абсолютно невозможны». Сколько раз в истории человеческой науки категорические запреты оказывались сокрушенными новым подходом к проблеме, принципиально новыми идеями!

Замечательно, что уже сегодня немалое число ученых работает (и успешно!) над преодолением, конечно пока теоретически, многочисленных трудностей межзвездного путешествия.

Предложен, например, проект звездолета, по главной идее напоминающий современные самолеты с прямоточным двигателем.

Звездолет захватывает для своего двигателя межзвездный водород, который после преобразования в дейтерий используется как термоядерное горючее. Выгода очевидна: не надо брать с собой с Земли невообразимо большое количество горючего. Не менее очевидны и технические трудности: из-за очень малой плотности межзвездных водородных облаков «забирающее» устройство звездолета должно иметь огромные размеры — площадь, не меньшую десятков тысяч квадратных километров.

Будет ли это устройство «вещественным», то есть чем-то вроде зеркала, трубы или конуса, или межзвездный водород будут «засасывать» в двигатель особые мощные электромагнитные поля, создаваемые на звездолете? Никто сегодня не сможет ответить ни на эти, ни на многие другие вопросы.

Еще одна трудность: при движении звездолета с околосве-

товой скоростью встречающиеся на его пути межзвездные атомы и пылинки из-за огромной относительной скорости встречи будут обладать колоссальной энергией и пробивной способностью. Бомбардировка ими оболочки звездолета породит такие дозы радиации, что спастись от нее вряд ли удастся.

Значит, тоже тупик, из которого нет выхода? И опять человеческая мысль уже сегодня ищет решения и этих проблем. Ионизированные атомы предлагается разгонять электромагнитными полями, которые расчистят путь звездолету. Что касается пылинок, то их неплохо испарить мощным лучом лазера. Что это, решение? Нет, пока что только проект.

Межзвездным перелетам посвящено уже немало книг и много статей, как специальных, так и популярных. Многие ученые приходят к оптимистическому выводу: межзвездные перелеты возможны. Более того, намечаются, правда пока в самых общих чертах, теоретические схемы будущих межзвездных космических кораблей.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОКА ЧТО ФАНТАСТИЧЕСКИЕ

В поисках новых возможностей для освоения космоса ученые и инженеры обращаются к фактам и явлениям, пока что мало и плохо изученным. Соблазнительно было бы, например, использовать для космических полетов внешние силовые поля, например, электростатические. На школьных уроках физики показывают опыт, в котором две легкие бусинки, заряженные одноименным электричеством, отталкиваются друг от друга. Нельзя ли силу электростатического отталкивания использовать для космических полетов? Почему бы не зарядить аппарат таким же электричеством, каким заряжено космическое тело, и, отталкиваясь от последнего электрическим полем, улететь в космос?

Проекты такого рода выглядят пока что совершенно нереальными. Как это ни удивительно, космос обладает высокой электропроводимостью. В межзвездном и межпланетном пространстве есть электропроводящая среда (протоны, электроны, ионы). По этой причине ни одно из космических тел не имеет сколько-нибудь заметного электростатического заряда. Если же сообщить, скажем, Земле или Луне большой электрический заряд, то они быстро разрядятся в космос. Значит, электростатические двигатели, по-видимому, неосуществимы.

Между магнитными и гравитационными полями ощутимого взаимодействия не существует. Поэтому магнитные двигатели будущего должны, вероятно, как-то отталкиваться от естественных магнитных полей космических тел. Но эти поля или очень слабые или вовсе отсутствуют. К тому же они быстро

ослабевают с расстоянием, так что использовать их для нужд космонавтики пока что невозможно.

Много надежд возлагается на гравитацию, притяжение тел друг другом. Природа гравитации неясна. Неизвестно даже, с какой скоростью распространяется гравитационное поле. Одни полагают, что эта скорость равна скорости света, другие приводят серьезные аргументы в пользу того, что она во много раз больше световой.

Как известно, формула закона всемирного тяготения внешне весьма похожа на формулу закона Кулона, описывающую взаимодействие электрических зарядов. При колебаниях электрических зарядов возникают электромагнитные волны. Естественно предположить, что при колебаниях массивных тел также возникают волны, но не электромагнитные, а гравитационные. Расчеты показывают, что мощность их очень мала. Так, например, вращающийся маховик с поперечником 1 *м* должен излучать гравитационные волны мощностью 10^{-37} вт[1]. Правда, при катастрофическом сжатии (коллапсе) звезд гравитационные волны будут несравненно мощнее. Так, при коллапсе Солнца мощность гравитационных волн достигла бы 10^{43} вт. Однако с межзвездных расстояний и такое гравитационное излучение уловить очень трудно.

Предпринимались хитроумные опыты для регистрации на Земле гравитационных волн, поступающих из космоса. Результаты получились противоречивыми, и уверенности в том, что эти волны обнаружены, пока нет. Да и если когда-нибудь и откроют их существование, совершенно неясно, как можно использовать сверхслабые гравитационные волны для космических полетов.

Вряд ли возможно защититься от тяготения каким-нибудь экраном. Предложенный Гербертом Уэллсом «кеворит» — не больше чем фантастическая выдумка. Опыты с реальными экранами (например, из ртути) дали пока противоречивые результаты. Правда, здесь идет речь об измерении чрезвычайно малых величин, при которых малейшие ошибки в эксперименте искажают результат до неузнаваемости.

Роль уэллсовского «кеворита», защищающего от тяготения, могла бы с успехом сыграть отрицательная масса (есть же на свете не только положительные, но и отрицательные электрические заряды!). Такая масса вела бы себя очень странно: чем сильнее ее отталкивать, тем больше она стремится вам навстречу. Наоборот, притягивая к себе отрицательную массу, мы

---

[1] $10^{-37} = \frac{1}{10^{37}}$

В знаменателе этой дроби стоит единица с 37-ю нулями.

заставим ее удаляться от нас. В поле тяготения отрицательная масса должна отталкиваться от обычной положительной, и это, может быть, удалось бы использовать в нуждах космонавтики. Пока во Вселенной никаких следов таких масс не найдено. Весьма возможно, что отрицательных масс в природе и вовсе нет.

Физика, однако, продолжает развиваться. Далеко не все законы природы открыты. Скорее наоборот, мы находимся лишь у истоков познания бесконечно многообразной Вселенной. Уже сегодня некоторые из ученых обсуждают возможности полетов космических аппаратов со сверхсветовыми скоростями. Другие убеждены, что физический вакуум — это вовсе не абсолютная пустота, а океан скрытых, ненаблюдаемых частиц и колоссальных запасов энергии. Пока большинству ученых такого рода изыскания кажутся сумасбродными и совершенно фантастичными. Но ведь история науки на каждом шагу убеждает нас в том, что многие «нереальные фантазии» со временем становились реальностью. Почему же область космонавтики должна быть исключением? Наоборот, исторический опыт человечества вселяет в нас уверенность, что со временем (и может быть, очень скоро!) будут открыты новые виды энергии и новые способы полетов в космосе. Когда-то звуковой барьер для самолетов казался непреодолимым, таким, каким сегодня выглядит световой барьер. Между тем, судя по некоторым фактам, и этот барьер, возможно, преодолим. А тогда, двигаясь со сверхсветовой скоростью, можно преодолеть и «временной барьер» — колоссальные, нереальные сроки межзвездных перелетов. Может быть, только с преодолением «светового барьера» откроется реальная возможность расселения человечества по Млечному Пути, как об этом писал Циолковский.

БОГАТСТВА ЗЕМЛИ И КОСМОСА

То, что вещества и энергии в космосе предостаточно, доказательств не требует. Это так же очевидно, как и ограниченность вещественных и энергетических ресурсов нашей планеты.

Цивилизация не может существовать и развиваться, не потребляя вещество и энергию. Это те исходные ресурсы, посредством которых прогрессирующая цивилизация обогащается и информацией. Следовательно, будущее человечества в значительной мере зависит от того, в какой мере оно сумеет в «вихрь» своей жизни постоянно вводить вещество и энергию.

Если в целом оценить исторический прогресс энергетики, то легко сделать вывод, что он выражался во все большем и большем овладении веществом и энергией.

В наши дни, когда энергетические потребности человечест-

ва стали ощутимыми в глобальном масштабе, «неисчерпаемость» земных ресурсов может считаться лишь образным термином, явно противоречащим действительности. Земные ресурсы вещества и энергии, безусловно, исчерпаемы, и задача науки состоит в том, чтобы подсчитать, хотя бы приближенно, на что может рассчитывать энергетика будущего и какая разновидность энергетики (по современным представлениям) может считаться наиболее перспективной.

Ежесекундно человечество потребляет 3×10^{19} эрг энергии, и годовой прирост этой величины очень велик. Если бы он составлял всего треть процента, то удвоение энергопотребления наступило бы через 100 лет. На самом же деле за последние два столетия удвоение производства энергии наступало примерно каждые 20 лет. В нашей стране уже много лет годовой прирост энергопотребления составляет примерно 10%, а в США за ближайшие 100 лет энергопотребление (при современных темпах роста) должно вырасти в 30 раз! Если удвоение энергопотребления и впредь будет наступать каждые 20 лет (а скорее всего прирост возрастет), то уже через 200 лет человечество станет потреблять в 1000 раз больше энергии, чем сегодня, — 3×10^{22} *эрг/сек*. А это количество, кстати сказать, составляет уже примерно 1% потока солнечной энергии, падающей на Землю.

Энергетическая прожорливость современной техники поразительна. И здесь мы являемся свидетелями (а лучше сказать, участниками) еще одного «взрыва» — энергетического.

Мускульная сила животных и человека уже давно не считается источником энергии для технических устройств. Устарело и использование в качестве источника энергии древесного топлива. Биосфера нужна человечеству для других целей, да и, кроме того, если даже вырубить все леса и сделать Землю пустыней, то и это варварское мероприятие не обеспечит в будущем сколько-нибудь существенно энергетические нужды человечества.

Использование ископаемых видов топлива (главным образом нефти и каменного угля) — это по существу трата основного капитала. То, что природа создавала сотни миллионов лет, мы полностью израсходуем за несколько столетий.

По грубо ориентировочным подсчетам специалистов известные ныне запасы нефти иссякнут примерно через 150 лет, запасы всех видов угля — через 100 лет. Некоторые же из прогнозов менее оптимистичны: если им верить, запасы угля исчерпаются уже к началу будущего столетия. Что касается других полезных ископаемых, то запасов железных руд, возможно, хватит на два века, запасов бокситов — примерно на полтора века. Остальные же ценные для техники материалы (медь, сви-

нец, олово и др.) будут полностью исчерпаны всего за несколько десятков лет.

Конечно, к количественной стороне этих прогнозов надо относиться осторожно. Ведь самые глубокие современные шахты напоминают булавочные уколы в толще земной коры. Если будут найдены экономически выгодные и технически осуществимые средства добычи полезных ископаемых с больших глубин, запасы традиционных видов сырья и энергетические источники значительно пополнятся.

Большие надежды вселяет океан, в первую очередь — уже начавшаяся добыча нефти из морских глубин. Но надо ясно себе представить, что все это лишь временные средства, не решающие радикально энергетическую проблему. В любом случае ископаемых видов топлива (если энергопотребление сохранится даже на современном уровне) хватит на века, а не на тысячелетия.

Энергия ветра и воды используется пока недостаточно. В частности, мало применяется в технике и энергия приливов, потенциальный запас которой составляет 200 *млрд. квт.* Однако возлагать большие надежды на эти виды энергетики не приходится. Все они дают полезный «выход», во много раз уступающий тому, который можно ожидать от ископаемых видов топлива.

Подземное тепло — пока мало потребляемый источник энергии. Практически используется лишь энергия горячих подземных вод. Так, например, на Камчатке работает геотермальная электростанция мощностью в 5000 *квт.* К тепловой энергии больших глубин пока что технически так же трудно добраться, как и до сверхглубоких залежей полезных ископаемых, хотя уже есть проекты использования «глубинного» тепла Земли.

Солнце ежесекундно посылает на Землю энергию в количестве 40 триллионов больших калорий. Правда, до 70% ее поглощается атмосферой, но и «остаток» получается таким большим, что с первого взгляда в использовании солнечной энергии можно видеть главную форму энергетики будущего.

Солнечная энергия, поступающая на Землю, крайне рассредоточена: на каждый квадратный метр земной поверхности приходится примерно 1, 2 *л. с.* Пока что мы умеем превращать в электроэнергию лишь 1/10 того, что получаем от Солнца. Можно подсчитать, что затраты на одну лошадиную силу, получаемую с помощью современных солнечных батарей, составляют примерно 100 000 долларов. Иначе говоря, чтобы от солнечных батарей мог работать двигатель автомобиля мощностью в 100 *л. с.*, надо, чтобы площадь этих батарей составля-

ла 800 *кв. м*. Нелепость такого использования солнечной энергии не требует пояснений.

Использование солнечного тепла для паровых двигателей — дело давно практикуемое, но пока малоперспективное. Вклад гелиоустановок такого типа в общую энергетику человечества ничтожен. В некоторых проектируемых установках паровой котел заменен термоэлектрогенератором на полупроводниках. Это, несомненно, значительный шаг вперед в области гелиотехники. И все-таки, вероятно, не солнечное излучение в конце концов удовлетворит энергетический голод человечества, коренное решение проблем энергетики будущего заключается в использовании ядерной энергии.

В первых атомных бомбах действовала неуправляемая цепная реакция деления. В современных промышленных атомных реакторах реакция деления управляется в желаемых пределах, то есть процесс деления урана и некоторых других тяжелых элементов (скажем, плутония) контролируется специальными устройствами. Этого, например, можно достичь, вводя в пространство, где совершается реакция деления, стержни из сильно поглощающего нейтроны вещества. По величине скорости (или энергии) используемых нейтронов ядерные реакторы подразделяются на тепловые, промежуточные и быстрые. В последнем случае замедлитель отсутствует, так как используются непосредственно нейтроны деления.

Ядерные реакторы деления уже нашли себе практическое применение. В Советском Союзе, США и Англии работают атомные электростанции мощностью в сотни тысяч киловатт. Атомный ледокол «Ленин» и американская атомная подводная лодка «Наутилус» положили начало атомным флотам крупнейших стран мира. Удельный вес атомной энергетики быстро растет, и к концу века до 30% добываемой человечеством энергии, вероятно, придется на долю ядерной энергии деления. Но есть веские причины, по которым сегодняшняя ядерная энергетика вряд ли станет господствующей энергетикой далекого будущего.

Прежде всего запасы урана ограниченны. Главное же в другом. Деление ядер — это самый грязный и самый неприятный способ высвобождения энергии из всех, которые известны человеку. Проблема избавления от отходов современной ядерной энергетики не решена.

Термоядерный синтез, служащий источником энергии Солнца и звезд, применен человеком в водородных бомбах. Если бы удалось «оседлать» эту реакцию выделения ядерной энергии, сделать ее регулируемой, управляемой, проблема энергетики будущего была бы решена.

В солнечных недрах, как предполагают, в ходе ядерных

реакций водород превращается в гелий, а часть вещества («дефект массы») переходит в излучение. При этом на каждый грамм образующегося гелия выделяется 175 000 *квтч* энергии. Этот процесс возможен лишь при температурах в десятки миллионов градусов и давлениях в десятки миллиардов атмосфер. Такие температуры — обычное явление для недр звезд, но в условиях Земли создание подобной «звездной обстановки» сопряжено с огромными трудностями.

В теоретически мыслимом термоядерном реакторе исходным материалом могли бы служить ядра дейтерия — изотопа водорода с атомным весом 2. При их слиянии образуются гелий или тритий (изотоп водорода с атомным весом 3). Но чтобы это слияние произошло, нужно, в частности, создать и поддерживать температуру в несколько сот миллионов градусов. Ясно, что ни один сосуд такой температуры не выдержит, и мгновенно испарится. Но вещество при сверхвысоких температурах — это плазма, то есть в целом нейтральная смесь положительных и отрицательных ионов. Единственное, что может удержать высокотемпературную плазму в должных границах,— магнитное поле. Оно удержит плазму от расширения в вакуум, отделяющий зону реакции от стенок реактора. Тогда на Земле вспыхнет маленькое искусственное солнце, и энергия множества таких солнц насытит все энергетические установки человечества.

Такова идея. Осуществить ее нелегко. Сверхвысокие температуры получить возможно, и это уже сделано (например, при помощи мощных искусственных электрических разрядов), но обеспечить устойчивость возникающего плазменного «шнура» пока не удалось.

Неясен также вопрос о других условиях устойчивости термоядерной реакции с нужным энергетическим выходом. Технические требования к реактору на смеси дейтерия и трития вряд ли выполнимы раньше чем через два десятилетия. Более сложные термоядерные реакторы (например, на чистом дейтерии) сегодня выглядят фантастически сложными и недоступными для реализации.

И все-таки в первых опытах на советских установках «Токамак», при температурах плазмы в 3 миллиона градусов, наблюдалось нейтронное излучение термоядерного происхождения! Длилось оно, правда, всего 30 тысячных долей секунды, но это скромное начало — залог будущих успехов.

Сейчас над проблемой «термояда» работают ученые многих стран. Возможно, что до конца столетия человечество решит эту главную энергетическую проблему.

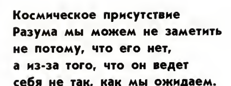
Если это произойдет, навсегда отпадут заботы о ресурсах топлива: в нашем гелиоводородном мире легких элементов

недостаточно. Даже в земных морях и океанах содержится 10^{17} *т* водорода и 2×10^{13} *т* дейтерия. Угроза энергетического голода отпадет навсегда.

Нам пока неизвестны другие способы получения энергии, хотя поиски их ведутся очень усердно.

О богатствах космоса мы знаем пока мало. Единственное, что неоспоримо,— они очень велики и способны удовлетворить с лихвой потребности будущего человечества. Будут, разумеется, использованы в первую очередь минеральные богатства Луны и планет. Запасы водорода и гелия наверняка пригодятся в будущих ядерных реакторах. Научатся гораздо выгоднее, экономичнее, полнее использовать солнечную энергию, а позже и энергию других звезд.

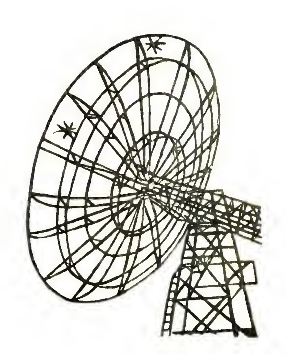
Главное же богатство, за которым человечество стремится в космос,— это все-таки богатство познания.



**Космическое присутствие
Разума мы можем не заметить
не потому, что его нет,
а из-за того, что он ведет
себя не так, как мы ожидаем.**

Станислав Лем

В ПОИСКАХ АСТРОИНЖЕНЕРИИ



ГДЕ И ЧТО ИСКАТЬ?

Выйдя в космос, человечество осознало себя как космическую цивилизацию, способную заселить и переделать на свой лад сначала ближайшие небесные тела, а затем и всю Солнечную систему. Вот эта деятельность Разума за пределами своей планеты, способность ноосферы к неограниченному расширению в космос и получила наименование астроинженерии. Если есть во Вселенной другие разумные существа, то естественно ожидать, что на некоторой стадии развития и они должны охватить своей деятельностью значительные участки космоса. Найти следы этой деятельности во Вселенной — одна из величайших задач, стоящих перед современным человечеством.

«Задача обнаружения и исследования внеземных цивилизаций,— пишет известный советский астроном член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев[1], — является проблемой исключительной важности для практики человечества, его культуры и философии. Ведь информация, полученная в результате обнаружения Разума в космосе, может указать пути развития нашей цивилизации на астрономически большие промежутки времени. Использование этой информации может коренным образом изменить весь наш образ жизни и деятельности».

Есть ли, однако, внеземные цивилизации?.. Существуют ли планеты, биосферы которых преобразовались в ноосферы? Или мы одиноки во Вселенной и Разум есть исключительное, уникальное явление Природы, свойственное лишь нашей Земле?

Проводя поиски внеземных цивилизаций, надо прежде всего иметь в виду так называемый «принцип заурядности». Смысл его заключается в том, что Солнце наше — рядовая желтая звезда средних размеров, одна из ста миллиардов звезд нашей великой звездной системы — Галактики. В свою очередь и наша Галактика ничем особенным не выделяется

[1] «Вопросы философии» № 12, 1977.

среди миллиардов других звездных систем. При такой заурядности Солнца и Галактики нет никаких логических оснований считать нашу Землю каким-то особенным, исключительным небесным телом, породившим жизнь и Разум.

Но если биосферы и ноосферы есть у многих планет, то по крайней мере некоторые из них, похожие на Землю, прошли тот же (или схожий) путь развития, что и наша планета. А так как наше Солнце — звезда сравнительно молодая (возраст около 5 миллиардов лет), а есть звезды вдвое и втрое старше Солнца, то естественно предположить, что многие из внеземных цивилизаций по уровню своего развития далеко обогнали человечество. Это превосходство, возможно, выражается в том, что они построили для своих нужд огромные твердые искусственные сооружения вокруг своей звезды. Похожи ли эти сооружения на сферу Дайсона, на ожерелья Циолковского или на что-нибудь другое, более совершенное, сказать, конечно, трудно. Важно другое: твердые астроинженерные сооружения поглощают энергию звезды и нагреваются, излучая в окружающее пространство, как раскаленный утюг, невидимые тепловые инфракрасные лучи. Следовательно, если есть в космосе астроинженерные сооружения внеземных цивилизаций, то мы с Земли должны их наблюдать в виде небольших по угловым размерам источников инфракрасного излучения.

Переселившись в свои «эфирные города», внеземные цивилизации могут заняться и перестройкой своей звезды, улучшением ее излучательной способности. Тогда в такой переделанной звезде могут проявиться некоторые черты искусственности, делающие необычным ее спектр.

Всякое распространение внеземной цивилизации в космос есть результат успехов ее космонавтики, и эта сторона деятельности разумных существ космоса также должна считаться проявлением их астроинженерии. Так как уровень развития некоторых цивилизаций космоса заведомо очень высок, то не исключено, что они освоили межзвездные перелеты и давно уже осуществили между собой прямые контакты. Всего сто лет назад полет на аппаратах тяжелее воздуха казался несбыточной мечтой, а сегодня люди строят орбитальные станции и уже побывали на Луне. Нам трудно, вернее, даже невозможно представить себе уровень техники инопланетян, на тысячи, а то и более лет обогнавших в своем развитии человечество. Быть может они знают новые законы Природы, пока неизвестные нам, и не исключено, что им давно уже удалось преодолеть световой барьер. А тогда посещение Земли инопланетянами в принципе следует считать возможным, а поиски следов таких посещений есть по существу поиски следов внеземной астроинженерии. Эта волнующая проблема ныне ежегодно обсу-

ждается на «Чтениях памяти К. Э. Циолковского» в Калуге.

Мы уже сегодня способны посылать радиосигналы на расстояния в тысячи световых лет. Логично предположить, что и внеземные цивилизации пользуются радиоволнами для связи друг с другом. Надо, однако, твердо помнить, что радиосвязь изобретена недавно. Сто лет назад о ней не знали ничего. Так и мы можем ничего не знать об иных способах связи, которыми, быть может, пользуются инопланетяне. Поэтому неудачи в поисках радиосигналов из космоса вовсе не означают отсутствия внеземных цивилизаций. То же относится и к поискам иных форм внеземной астроинженерии. Она может оказаться совсем не такой, как мы ее сегодня представляем. Терпение в поисках внеземного Разума и понимание того, что человечество находится еще в младенческой стадии своего развития,— вот качества, необходимые исследователю внеземных цивилизаций. Без них легко прийти к нелепому и ошибочному выводу о необитаемости космоса.

ПЛАНЕТЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ

Поиски астроинженерных сооружений целесообразно в первую очередь начать в окрестностях тех звезд, которые обладают планетными системами. Однако до последних десятилетий существование иных планетных систем оставалось умозрительной гипотезой, не подкрепленной никакими опытными данными.

Такая неопределенность объясняется, конечно, исключительной сложностью задачи. Для того чтобы обнаружить планеты других звезд, нужны своеобразные, очень тонкие методы исследования.

Прямые телескопические наблюдения пока ничего не дают — слишком мала видимая яркость этих далеких планет и слишком близки они на небе к своим звездам. Настолько близки, что их слабое сияние неразличимо в лучах освещающего их солнца.

И все же уже сейчас предложены проекты, осуществление которых в недалеком будущем позволит, возможно, рассмотреть в телескоп хотя бы ближайшие из планетных систем.

Нетрудно подсчитать, что с ближайшей к нам звезды альфы Центавра, расстояние до которой равно 4,3 светового года, Юпитер выглядит звездочкой 23-й звездной величины, удаленной от Солнца на расстояние 4 секунды дуги. Примерно такими же должны казаться в телескоп и наиболее крупные из планет соседних звезд.

Величайший в мире советский шестиметровый рефлектор позволяет фотографировать различимые в отдельности звезды, если угловое расстояние между ними меньше 0,01 секунды

дуги. Близость яркой звезды к слабосветящейся планете значительно снижает эту «разрешающую» способность телескопа. Поэтому даже в самый крупный из телескопов увидеть планетные системы других звезд пока нельзя.

Не проявляя себя в области оптической, планеты других звезд могут быть обнаружены иначе. Каждая из них притягивает свою звезду, и потому траектории полета в пространстве двух звезд, из которых одна лишена спутников, а другая обладает планетной системой, различны. В первом случае движение звезды (на относительно небольшом участке пути) можно считать прямолинейным и равномерным. Во втором случае притяжение планет искривляет путь звезды, и траектория ее полета представляет собою сложную волнообразную кривую. На этом принципе основан динамический метод обнаружения планетных систем.

Начиная с 1937 года этот метод успешно применяется шведским астрономом Хольмбергом, пулковским астрономом А. Н. Дейчем и др. В космических окрестностях Солнца найдено немало звезд, на движение которых влияют невидимые их спутники. Их массу удалось определить после детального изучения траектории каждой звезды. В отдельных случаях, как это сделал, например, А. Н. Дейч для звезды 61 Лебедя, была найдена орбита планетоподобного тела. Этот термин употребляют потому, что некоторые из невидимых спутников звезд, по-видимому, сами являются звездами, только очень маленькими и слабосветящимися, недоступными наблюдениям в телескоп. Вот, например, система 61 Лебедя. Темный спутник в этой системе, обращающийся вокруг звезды с периодом около 5 лет, примерно в 10 раз массивнее Юпитера. Тело такой массы вряд ли можно назвать планетой. Даже у Юпитера давление в центре столь велико, что температура там достигает 150 000 градусов. Крупнейшую из планет Солнечной системы, на 80% состоящую из водорода, вероятно, целиком газообразную, не без основания называют иногда полузвездой. Тело же, в 10 раз более массивное, должно быть самосветящимся. Кроме того, орбита спутника 61 Лебедя в отличие от типичных планетных орбит сильно эллиптична. Словом, скорее всего тут открыта невидимая пока звезда, а не планета.

Следует иметь в виду одно важное обстоятельство, на которое впервые обратил внимание в 1951 году Б. В. Кукаркин. Представьте себе, что мы наблюдаем движение Солнца с какой-нибудь из ближайших звезд. Притяжение Юпитера и Сатурна (воздействием остальных планет можно пренебречь) отклоняет Солнце от прямолинейного пути. Один раз в 59 лет, когда Юпитер и Сатурн находятся одновременно по одну сторону от Солнца, эти отклонения становятся наибольшими. Изучая

движение Солнца, например, с Альфы Центавра, мы придем к выводу, что вокруг Солнца обращается с периодом в 59 лет крупная планета, масса которой равна сумме масс Юпитера и Сатурна. У динамического метода есть, таким образом, своя слабость: он несколько «близорук» и в отдельных случаях, вероятно, фиксирует суммарное влияние планет на звезды. Отсюда завышенные массы и не всегда реальные орбиты.

Установлено, что примерно 1/6 часть всех ближайших к нам звезд обладает невидимыми темными спутниками. Еще в 1963 году американский астроном Ван де Камп сообщил об открытии им планеты около звезды Барнарда. Сама звезда замечательна прежде всего в двух отношениях. После Проксимы Центавра и Альфы Центавра она самая близкая к Земле. Расстояние до этой красной карликовой звезды луч света преодолевает всего за 6 лет. Звезда Барнарда называется иногда «Летящей». Из всех известных звезд она действительно обладает самым быстрым видимым перемещением на небосводе. За 180 лет она сместилась на величину видимого лунного поперечника, и в сравнительно недалеком будущем звезда Барнарда покинет созвездие Змееносца, в котором мы сейчас ее видим.

Так вот, сегодня можно утверждать, что у этой замечательной звезды найдены спутники, по массе похожие на Юпитер. В сущности, Ван де Камп впервые открыл настоящие планеты другой планетной системы. И во многих других случаях темные спутники звезд, вероятно, являются планетами (например, у Эпсилон Эридана). Этот динамический метод имеет ограниченное применение. Чем дальше звезда, тем менее заметны с Земли неправильности в ее движении. Поэтому для поисков планетных систем вокруг огромного большинства далеких звезд динамический метод просто непригоден.

Но существование планет около далеких звезд можно, по-видимому, установить иным, астрофизическим методом.

Известно, что Солнце очень медленно вращается вокруг оси. Колоссальный солнечный шар, превосходящий Землю по массе в 333 000 раз, завершает полный оборот вокруг своей оси почти за месяц. Поэтому основной «запас движения», или, говоря точнее, основная доля (98%) общего момента количества движения Солнечной системы, приходится на планеты. Можно думать, что эта характерная особенность Солнечной системы возникла в результате образования планет. Так, например, недавно английский астроном Мак-Кри разработал гипотезу, по которой планетная система и центральная звезда возникают из сгустков первичной туманности. Любопытно, что по теоретическим расчетам Мак-Кри при рассмотренном процессе образования планет примерно 96% момента количества движения в конечном счете придется на долю планет.

Не только Солнце, но и все похожие на него желтые звезды-карлики обладают медленным осевым вращением. Между тем массивные горячие белые звезды, массы которых в десятки раз больше солнечной, вращаются так быстро, что точки на экваторе движутся со скоростью 300—500 *м/сек* (для Солнца эта скорость всего около 2 *м/сек*). Менее горячие и массивные звезды вращаются медленнее, причем это убывание скорости происходит непрерывно и постепенно вплоть до желтовато-белых звезд с температурой поверхности около 8000 градусов.

А дальше — резкий скачок. У звезд, похожих на Солнце (температура поверхности 6000 градусов) и более холодных, экваториальные скорости, судя по их спектру, сразу становятся малыми, примерно несколько километров в секунду. При этом (что очень важно) такие свойства звезд, как температура поверхности, светимость и масса, продолжают меняться от одного класса звезд к другому медленно и постепенно. Что же тогда вызвало скачок?

Естественно предположить, что причина скачка — образование планет. Это предположение подкрепляется любопытным расчетом: если бы все планеты Солнечной системы попадали на Солнце, то оно, по законам механики, стало бы вращаться так же быстро, как горячие и массивные звезды.

Таким образом, изучение физических свойств звезд показывает, что звезды-карлики, сходные с Солнцем и более холодные, должны иметь вокруг себя планетные системы. Но тогда получается, что только в одной нашей звездной системе — Галактике — есть по крайней мере несколько миллиардов планетных систем. Открытие темных спутников вокруг большого числа ближайших звезд подтверждает этот вывод. Значит, планетные системы — это не редкость, а весьма многочисленные образования космоса.

Из многих миллиардов планет нашей Галактики, конечно, далеко не все обитаемы. Оговоримся, что под термином «обитаемая» мы подразумеваем только такую планету, на которой жизнь в итоге длительной эволюции дошла до «породы мыслящих существ» (Ф. Энгельс). Для того чтобы этот процесс мог совершиться, необходим ряд условий.

Прежде всего — масса планеты. Если масса слишком велика, планета останется, подобно Юпитеру, целиком газообразной. Если она, наоборот, чересчур мала, как, например, у Меркурия, такая планета не сумеет удержать вокруг себя атмосферу. И в том и в другом случае условия неблагоприятны для появления высокоразвитых форм жизни. Необходима оговорка, что речь идет об аборигенах, то есть коренных жителях данной планеты, а не о пришельцах с других планет.

Немалую роль играет и расстояние планеты от центральной звезды. Чрезмерная близость к своему солнцу создает на поверхности планеты нестерпимый жар. Наоборот, вдалеке от звезды, на периферии планетной системы, как это видно на примере Плутона, планета будет навеки скована жестоким холодом.

Не всякая звезда может быть таким источником жизни, как наше Солнце. Например, переменные звезды, излучение которых колеблется в значительных пределах, вряд ли имеют вблизи себя обитаемые планеты. Для жизни нужен более или менее постоянный тепловой режим. Приходится исключать поэтому из рассмотрения не только некоторые переменные звезды, но и многие двойные или кратные системы. В этих системах движение планет совершается иногда по очень сложным, непрерывно меняющимся орбитам. В таком случае на планете должны резко колебаться температура и освещение, что вряд ли благоприятно для жизни.

На Земле человек появился через 2—3 миллиарда лет после первых живых ее обитателей. Естественно, что и на других планетах эволюция от простейших организмов до высших форм жизни должна занять также миллиарды лет. За это время постареет и сама звезда. Значит, звезды, в планетных системах которых есть планеты с высоким уровнем цивилизации, должны быть старыми, имеющими возраст не менее нескольких миллиардов лет.

Если учесть все эти обстоятельства и ввести необходимые поправки, то и тогда все же окажется, что в пределах нашей Галактики существует около миллиарда обитаемых планет.

Заметим, что при подсчетах имелись в виду земноподобные, белковые формы жизни. При более широком взгляде на природу жизни, допуская возможность реального существования, например, кремниевых организмов, приведенные числа придется, конечно, увеличить.

Разумеется, не все гипотетические внеземные цивилизации сосуществуют одновременно. Некоторые из них только вступили на путь исторического развития, другие, наоборот, приближаются к своему естественному концу. Если учесть и это обстоятельство, то при некоторых более или менее правдоподобных предположениях можно прийти к выводу, что в Галактике одновременно сосуществует по меньшей мере несколько миллионов достаточно высокоразвитых цивилизаций.

При всех наших рассуждениях имелись в виду «планеты для людей», то есть с условиями обитания, напоминающими земные. Недавно американский астроном С. Доул исследовал окрестности Солнца в радиусе 22 световых года и пришел к выводу, что из 100 ближайших к Земле звезд 43 могут обладать

землеподобными планетами[1]. В частности, не исключено, что «планеты для людей» имеет даже ближайшая к нам звезда Альфа Центавра, представляющая собой систему из трех звезд. Две из них похожи на Солнце, а третья, Проксима, заметно уступает им в яркости, размерах и температуре. Так как Проксима принадлежит к числу вспыхивающих оранжево-красноватых звезд, существование обитаемых планет вокруг нее, по-видимому, исключено, чего нельзя сказать о двух главных солнцеподобных звездах.

Итак, во Вселенной, судя по всему, есть множество землеподобных планет, и не исключено, что их разумные обитатели ищут радиоконтакты с другими цивилизациями космоса. Не имеет ли смысл попытаться уловить их позывные?

РАДИОТЕЛЕСКОПЫ ЛОВЯТ ПОЗЫВНЫЕ

Первые попытки установить радиосвязь с разумными обитателями других планетных систем были предприняты осенью 1960 года. Ученые выбрали две близкие и похожие на Солнце звезды — Тау Кита и Эпсилон Эридана. Сходство с Солнцем позволило думать, что обе звезды обладают достаточно древними планетными системами, быть может имеющими в своем составе планеты с высокоразвитыми цивилизациями. Относительная близость к Земле (расстояние около 11 световых лет) вселяла надежду, что современные земные радиотелескопы смогут уловить радиосигналы, возможно посылаемые нашими «братьями по разуму» в сторону Солнца.

Несколько месяцев 27-метровый радиотелескоп радиоастрономической обсерватории США был нацелен на «подозрительные» звезды. Наблюдения велись очень тщательно. Но космос безмолвствовал — никаких радиосигналов искусственного происхождения на волне 21 *м* обнаружить не удалось. Неудача? Да. Но неудача, следует думать, вполне закономерная.

Прежде всего у нас нет полной уверенности в том, что все звезды, похожие на Солнце, непременно обладают планетными системами. С другой стороны, не все планетные системы имеют в своем составе обитаемые планеты, да еще с высокоразвитыми цивилизациями. Далее, совсем не обязательно эти цивилизации развиваются одновременно с нашей: быть может, свой расцвет они пережили в далеком прошлом или, наоборот, им еще предстоит достичь технического уровня, достаточного для межзвездной радиосвязи. И, наконец, не будем слишком самоуверенны: наша скромная желтенькая звездочка Солнце, столь важная для нас, вовсе не является предметом всеобщего внима-

---

[1] С. Доул, Планеты для людей. Изд-во «Наука», 1974.

ния обитателей других планетных систем. Даже если в планетных системах Тау Кита и Эпсилон Эридана имеются ныне высокоразвитые цивилизации, то вовсе не следует, что именно сейчас они заинтересовались Солнечной системой и решили установить с нами прямую радиосвязь, причем непременно на волне 21 *м*.

Таковы главные (по далеко не все) недостатки проекта «ОЗМА», как назвали свои исследования американские астрономы. Правда, первые неудачи не обескуражили энтузиастов, и в ближайшее время предполагается возобновить наблюдения на более крупных радиотелескопах.

Тем интереснее принципиально иной подход к проблеме, предложенный в Советском Союзе. Речь идет о замечательной работе молодого тогда советского астронома, ныне члена-корреспондента АН СССР Н. С. Кардашева, опубликованной в апрельском номере «Астрономического журнала» за 1964 год.

Представьте себе, что ближайшая высокоразвитая цивилизация находится от нас на расстоянии 100 световых лет. Внутри колоссальной сферы такого радиуса заключены десятки тысяч звезд. Найти среди них ту, которая нас интересует,— задача в практическом отношении исключительно сложная. Если действовать по принципу «ОЗМА», придется «прослушивать» подряд десятки тысяч звезд в тщетной надежде отыскать цивилизацию, ведущую именно сейчас и именно в направлении Солнца поисковую радиопередачу.

Непреодолимые трудности такой направленной радиосвязи должны быть очевидными не только нам, но и всяким высокоразвитым существам. Поэтому, как считает Н. Кардашев, цивилизация, решившая поведать о своем существовании другим разумным обитателям космоса, должна использовать для этой цели изотропные, то есть «всенаправленные», радиопередатчики.

Антенны современных земных радиотелескопов снабжены параболическими зеркалами, благодаря чему прием (как и в радиолокаторах) возможен только в определенном направлении. Изотропный радиопередатчик посылает радиоволны во всех направлениях. При достаточно большой мощности земного передатчика его радиоизлучение может охватить всю наблюдаемую часть космоса и (при условии, что приемники инопланетян достаточно чувствительны) быть принято всеми цивилизациями не только нашей Галактики, но и других звездных систем. И наоборот, если такими передатчиками обладают хотя бы некоторые из цивилизаций в радиусе изученной части космоса, то их передача в принципе может быть услышана на Земле.

Такова принципиальная сторона идеи Н. Кардашева. Ее

преимущества по сравнению с проектом «ОЗМА» очевидны: радиопозывные адресуются не конкретной звезде, а сразу всем звездам в изучаемой части Вселенной. В каждой же Галактике, похожей на нашу, — десятки миллиардов звезд, а в изучаемой части космоса — десятки миллиардов галактик. Значит, изотропные радиосигналы охватят сразу примерно 10^{20} звезд — число, не поддающееся нашему воображению! Даже самые крайние скептики не решатся утверждать, что среди этого невообразимо большого количества звезд не найдется ни одной, согревающей своими лучами высокоразвитую цивилизацию. Таким образом, изотропным космическим радиопередачам заведомо обеспечен успех: при достаточной мощности передатчика посланные сигналы практически наверняка будут кем-то уловлены.

Реальна ли в практическом отношении идея Кардашева? Возможно ли технически создать сверхмощные изотропные радиопередатчики?

Быстрый прогресс радиофизики за последнее время не оставляет никаких сомнений в том, что уже в обозримом будущем удастся создать на Земле радиопередатчики для весьма дальней космической радиосвязи. Цивилизации, значительно превосходящие по техническому уровню земную, возможно, уже имеют передатчики любой мощности. Разместив огромное количество таких передатчиков по всей планетной системе так, чтобы они со всех сторон окружали центральную звезду (один из возможных вариантов), можно обеспечить изотропность радиопередачи.

В своей работе советский ученый привел любопытные количественные расчеты, подтверждающие основную идею.

В настоящее время человечество ежесекундно расходует энергию в количестве 4×10^{19} *эрг*, причем, по данным статистики, ежегодный прирост этой величины составляет 3—4%. Нетрудно подсчитать, что через 3200 лет ежесекундное потребление энергии человечеством возрастет до 4×10^{33} *эрг*, что равно количеству энергии, которую Солнце излучает каждую секунду. А через 5800 лет человечество ежесекундно будет тратить столько энергии, сколько ее за то же время излучает 100 миллиардов звезд!

Из каких природных источников удастся черпать человечеству такое количество энергии — особый вопрос. Возможно, ими будут термоядерные реакции, или солнечная энергия, или какие-то иные, пока неведомые нам, природные энергетические ресурсы. Во всяком случае, не видно причин, которые могли бы задержать прогресс энергетики космических цивилизаций.

Интересно другое. С точки зрения энергопотребления, Н. Кардашев предлагает «рассортировать» технологически

развитые космические цивилизации на три основных типа. К цивилизациям первого типа он относит те, которые по техническому уровню сходны с земной (ежесекундное энергопотребление 4×10^{19} *эрг*). Более развиты цивилизации второго типа, для которых энергопотребление составляет 4×10^{33} *эрг* в секунду. Можно предположить, что цивилизации такого рода полностью овладели энергией своей звезды для практических нужд.

Наконец, мыслимы цивилизации высшего, третьего типа, овладевшие энергетическими ресурсами в масштабе своей галактики. Для них ежесекундное потребление энергии составляет 4×10^{44} *эрг*.

К сожалению, цивилизация первого типа, в том числе и земная, способна лишь на пассивное «прослушивание» космоса. Но у других, более развитых цивилизаций вполне можно предположить гуманное стремление поведать о себе и своих знаниях младшим, менее развитым братьям по разуму. Говоря яснее, такие энергетически богатые цивилизации способны небольшую часть своей энергии употребить на изотропные космические радиопередачи.

Расчеты, проведенные Н. С. Кардашевым, поразительны. Оказывается, уже при современном уровне земной радиофизики изотропная радиопередача цивилизации второго типа могла бы быть принята с расстояний по крайней мере в 10 миллионов световых лет, а передача цивилизации третьего типа — в пределах наблюдаемой части Вселенной! Иначе говоря, если среди ближайших галактик есть хотя бы одна цивилизация второго типа, а в наблюдаемой части космоса хотя бы одна цивилизация третьего типа, то их изотропная радиопередача может быть принята на Земле!

Не исключено, что на нашу Землю давно поступают позывные из космоса. Чтобы их не только уловить, но и расшифровать, надо предварительно выяснить, какой характер могут иметь межзвездные искусственные радиосигналы.

Дальность межзвездных радиопередач зависит от ряда причин. Здесь существенны не только мощность передатчика, но и такие факторы, как радиопомехи от радиоизлучения межзвездных облаков водорода, маскирующие передачу шумы в самой аппаратуре и другие досадные, но, к сожалению, пока неизбежные препятствия. Подробно проанализировав этот вопрос, Кардашев пришел к выводу, что наиболее выгодно вести межзвездную радиопередачу в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн. Именно на этих волнах помехи становятся наименьшими, а следовательно, эффективность радиопередачи — наибольшей. Передача и прием могут, конечно, вестись и в гораздо более широком диапазоне волн, но тогда

приему не должна мешать атмосфера с ее узким «радиоокном». В этом случае приемник придется поместить за пределами почти непрозрачной для радиоволн планетной атмосферы.

Много ли сведений, или, как говорят, много ли информации, можно передать через межзвездные пространства?

Теория информации — основной раздел кибернетики — позволяет подсчитать количество передаваемой информации при различных формах связи, в частности и при радиопередачах. Проведя такие расчеты, Н. С. Кардашев получил удивительный результат.

Допустим, что для радиопередач выбран диапазон шириною 10^9 герц (герц — единица частоты колебаний, равная одному колебанию в секунду). Основные знания, полученные человечеством, можно свободно изложить примерно в ста тысячах крупных книг. Если закодировать (в двоичной системе) все содержание этих книг, то по выбранному радиодиапазону все основные знания, накопленные человечеством, можно передать всего за сто секунд!

Конечно, цивилизации второго и третьего типов обладают несравненно большими знаниями, чем человечество, но для передачи даже столь колоссальной информации придется затратить сравнительно мало времени. Вполне возможно, представители далеких цивилизаций ведут передачи непрерывно, время от времени повторяя «программу». Такие непрерывные и периодические передачи облегчат прием их цивилизациями первого типа и, кроме того, сделают целесообразным подключение время от времени новых «абонентов».

Конечно, радиосвязь между цивилизациями первого типа и технически более совершенными будет односторонней. Но информация, или, говоря конкретнее, колоссальные знания, пассивно полученные цивилизациями первого типа, помогут им быстро развить свою технику и вступить со временем в активную двустороннюю радиосвязь.

Однако, когда мы говорим о двусторонней радиосвязи на космических расстояниях, надо иметь в виду, что это совсем не то же самое, что радиосвязь на Земле. В земной обстановке во время переговоров по радио мы не обращаем никакого внимания на скорость распространения радиоволн. Она так велика (300 000 *км/сек*), что за одну секунду радиоволна способна облететь земной шар по экватору почти девять раз. Задав вопрос, мы тут же получаем ответ, как будто разговариваем, сидя рядом.

Другое дело — разговоры между звездными мирами. Если нам посчастливится найти ближайшую высокоразвитую цивилизацию на расстоянии 100 световых лет, то между посылкой вопроса и получением ответа пройдет не меньше двухсот лет.

Двусторонние же переговоры между галактиками неизбежно растянутся на миллионы лет.

К сожалению, эти трудности пока непреодолимы.

Вопрос о том, на каком языке разговаривать с инопланетянами, далеко не прост. Возможно, что в качестве позывных некоторые из внеземных цивилизаций используют явно искусственные сигналы (например, передающие несколько начальных цифр в знаменитом числе «ПИ»). Для более же содержательной передачи нужен и особый язык, сложная расшифровка инопланетных сообщений. В этой области, несмотря на значительные усилия, сделано пока очень мало.

А главное, до сих пор не обнаружено ни одного явно искусственного радиосигнала. Возникает вопрос:

ПОЧЕМУ МОЛЧИТ КОСМОС?

Рассмотрим несколько вариантов объяснений сложившейся ситуации.

Вариант первый. Человечество уникально. Это единственное во всей Вселенной общество разумных существ. Хотя в будущем человеческий разум через ноосферу распространит свое воздействие на громадные объемы пространства и «оразумит», возможно, заметную часть Галактики, он не встретит нигде что-либо на себя похожее. Значит, прогнозы будущего Земли и человечества не могут быть проверены на примере других цивилизаций просто потому, что таких цивилизаций нет.

Большинству ученых этот вариант кажется неприемлемым. Однако есть и сторонники таких взглядов, даже среди советских ученых, например И. С. Шкловский[1].

Вариант второй. Человечество — самая старая, а значит, и самая совершенная цивилизация космоса. Все остальные внеземные цивилизации еще не доросли до технического уровня, позволяющего посылать радиосигналы «собратьям по разуму».

Этот вариант противоречит тому факту, что Солнце — звезда второго поколения. Есть звезды гораздо более старые, чем Солнце, а значит, должны быть и цивилизации, по уровню технического развития обогнавшие человечество.

Вариант третий. Все цивилизации погибают, достигнув уровня, примерно соответствующего уровню человечества. Причины гибели могут быть разными, например, «ядерное самоубийство», генетическое вырождение, какие-то космические катастрофы и т. д. Значит, все цивилизации погибают, не до-

---

[1] См. И. С. Шкловский, О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. «Вопросы философии» № 9, 1976.

стигнув технического уровня, необходимого для взаимных контактов.

Этот самый мрачный вариант невероятен прежде всего из-за своей фатальности, неизбежности. Трудно поверить, что все цивилизации кончают свою жизнь самоубийством или что какие-то естественные причины устраняют опять же все цивилизации накануне установления ими контактов с другими обществами разумных существ.

Вариант четвертый. «Энергетический» путь развития, характерный для эпохи, переживаемой человечеством, есть лишь временное явление для всех цивилизаций. Осознав трудности этого пути, цивилизации переходят на «нетехнологический» путь эволюции, ограничиваются минимумом техники, теряют интерес к космосу и даже не пытаются вступить друг с другом в контакт.

Как и в предыдущих случаях, здесь «нетехнологический» путь развития должен стать общим для всех цивилизаций, что представляется не менее сомнительным, чем достижение полного единообразия в поведении людей. Кроме того, и возможность «нетехнологического» прогресса пока еще не больше, чем гипотеза, ничем не подкрепленная.

Вариант пятый. Космос густо заселен высокоразвитыми цивилизациями. Мы видим следы их космической деятельности, принимаем их сигналы, но не понимаем ни того, ни другого, а потому на самом деле нечто искусственное считаем хотя и необычным, но вполне естественным. Причина же такого непонимания заключается в несходстве человеческого Разума и Разума внеземного, по уровню несравнимо превосходящего наш. С этой точки зрения некоторые (если не все) из «подозрительных» космических объектов (квазаров, пульсаров и др.) есть продукты деятельности космических сверхцивилизаций, достигших в ходе энергетического развития таких высот, которыми человечеству, быть может, удастся овладеть лишь в далеком будущем.

Ситуация странная, почти фантастическая. «Живое будущее» Земли и человечества — перед нашими глазами в разных вариантах и стадиях и во множестве экземпляров. Но мы не понимаем того, что видим, и это одна из главных причин, почему до сих пор человечество не вступило в осознанный контакт с внеземными цивилизациями.

«Проблема понимания» привлекает к себе все большее и большее внимание тех, кто разрабатывает методику поисков внеземных цивилизаций. Может быть, принятые ныне «критерии искусственности» слишком общи и не учитывают сложной природы внеземного Разума. «Без сомнения, нужно продолжать наблюдения, поиски космической сигнализации в надежде,

что мы встретим Разум, столь похожий на наш, что мы узнаем его приметы,— пишет С. Лем.— Но это, собственно говоря, только надежда, поскольку Разум, который мы когда-нибудь откроем, может настолько отличаться от наших представлений, что мы и не захотим назвать его Разумом».

К этому можно добавить, что разная эволюция в разных мирах может привести внеземные цивилизации к разному видению мира, к разным описаниям действительности. Отсюда понятны огромные трудности в разработке межпланетного языка и других средств общения с инопланетянами. Если же все-таки когда-нибудь контакт с другими разумными обитателями космоса состоится, то получить от них и усвоить своим сознанием информацию, которой они обладают, будет чрезвычайно трудно.

Вариант шестой. Молчание космоса объясняется тем, что мы плохо ищем сигналы и что эти сигналы, возможно, передаются не с помощью радиоволн, а каким-то иным, пока еще неизвестным нам способом. Действительно, в одной из последних работ по проекту «ОЗМА» были прослушаны около 600 ближайших звезд, но на время изучения каждой из них выделялось всего несколько минут! Да и поиски «позывных» велись на волне 21 *см*. А если волна другая? Например, Н. С. Кардашев в последнее время привел убедительные доводы в пользу того, что поиски искусственных радиосигналов надо вести в диапазоне миллиметровых волн. А такие поиски всерьез и в больших масштабах никем пока не велись.

Если же инопланетяне нашли более удобный, неизвестный нам способ связи, чем радиоволны, то наши поиски «разумных» космических радиосигналов заведомо обречены на неудачу.

Много может быть причин, объясняющих молчание космоса. Наша же задача не делать поспешных выводов об уникальности человечества, а продолжать разными способами упорные поиски «братьев по Разуму».

ПОИСКИ «КОСМИЧЕСКОГО ЧУДА»

Под термином «космическое чудо» астрономы понимают явное проявление деятельности разумных существ в космосе. Далеко не ясно, однако, что в космических явлениях следует считать искусственным, а что естественным. Как, например, отличить искусственный радиосигнал от естественного радиоизлучения, которое свойственно в той или иной мере всем космическим телам? Какими признаками должны быть наделены радиопередачи внеземных цивилизаций?

Чтобы передать с помощью радиоволн какие-то знания, какую-то информацию, надо превратить их в сигналы. Способы

тут возможны разные. Можно менять амплитуду радиоволн, и тогда радиоизлучение станет переменным — оно будет то ослабляться, то усиливаться, причем как раз в этих чередованиях должен заключаться какой-то смысл, некий код. С той же целью можно менять длину посылаемых радиоволн. Когда мы играем на рояле или на другом музыкальном инструменте, приходится изменять как длину звуковой волны, так и ее интенсивность — в итоге возникает музыка. Быть может, когда-нибудь удастся различить «музыку» и в радиоволнах, приходящих к нам из глубин космоса? Мыслимы, конечно, и другие признаки искусственности — например, необычный вид радиоспектра с какими-нибудь заведомо искусственными прямоугольными «вырезами». Словом, искусственный радиосигнал при достаточной нашей проницательности можно отличить от естественного радиоизлучения. Но приходят ли к нам из космоса такие сигналы?

Еще в 1964 году Н. С. Кардашев обратил внимание на два странных радиоисточника, обозначаемых в каталогах как СТА-21 и СТА-102. Их радиоспектр удивительно напоминал искусственный (с максимумом интенсивности на сантиметровом диапазоне) и совсем не был похож на радиоспектры заведомо естественных радиоисточников.

Год спустя молодые московские радиоастрономы (Г. Б. Шоломицкий и др.) неожиданно обнаружили, что радиоизлучение источника СТА-102 заметно меняется, причем с периодом около 100 дней! Позже выяснилось, что на фоне этих главных изменений «радиояркости» происходят и менее заметные колебания с периодом около получаса.

Между тем источник СТА-21, во всем остальном похожий на СТА-102, продолжает оставаться неизменным, а сейчас, по-видимому, прекратил колебания радиоблеска и источник СТА-102.

Источник СТА-102 удалось отождествить с трудно доступным наблюдению звездообразным объектом 17-й звездной величины. Судя по его спектру, он удаляется от Земли со скоростью, составляющей 60% скорости света. Следовательно, источник СТА-102 чрезвычайно далек от Земли.

Подозрительные радиоисточники СТА-21 и СТА-102 принадлежат к так называемым квазарам — удивительным объектам, обнаруженным впервые в 1963 году. Они очень далеки от Земли, по мощности излучения превосходят крупнейшие из галактик, но переменность этого излучения показывает, что квазары — объекты сравнительно небольших размеров (порядка Солнечной системы) и, по-видимому, чудовищно большой массы.

Что такое квазары, до сих пор неизвестно, и не исключено

(так считает Н. С. Кардашев), что за этим словом скрываются далекие, интенсивно действующие, овладевшие своей галактикой сверхцивилизации. Известный советский астрофизик член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский писал: «... почему бы не представить, что деятельность разумных, высокоорганизованных существ не может изменить свойства целых звездных систем — галактик? Для того чтобы цивилизация, постепенно «диффундируя», распространилась на всю галактику, постепенно «перестраивая» все встречающиеся на ее пути звезды, нужно не более чем несколько десятков миллионов лет. Может быть, те удивительные явления, которые наблюдаются в ядрах галактик (в том числе и нашей), связаны с активной деятельностью высокоразвитых цивилизаций? И, наконец (страшно даже подумать, а не то что написать), быть может, причина исключительно мощного радиоизлучения некоторых радиогалактик — деятельность таких форм высокоорганизованной материи, которые даже трудно назвать разумной жизнью?»[1]

За последние годы количество обнаруженных странных, трудно объясняемых естественными причинами космических явлений увеличилось. Речь идет прежде всего о так называемом «мистериуме» и пульсарах.

Совсем недавно на общем фоне «радиошума», то есть самых разнообразных радиоволн естественного происхождения, радиотелескопы уловили странные сигналы, по ряду признаков напоминающие искусственные. Случилось это летом 1967 года в одной из английских радиоастрономических обсерваторий. Из точки неба, близкой к яркой звезде Вега, исходили странные радиоволны. Их сила, интенсивность то нарастала, то убывала, причем эти колебания повторялись удивительно ритмично с периодом 1,3373 секунды! Где-то в глубинах космоса будто пульсировал какой-то невидимый источник радиоволн, и не удивительно, что английские радиоастрономы тотчас же назвали его пульсаром.

Иногда пульсар прекращал свою работу на несколько минут, а потом сигналы снова возобновлялись, причем прежний период выдерживался с изумительной точностью. Выяснились и любопытные подробности: за время каждой пульсации длина принимаемых на Земле радиоволн менялась от 3,70 до 3,75 *м*, а изредка и в гораздо больших пределах (в пять раз!). Невольно создавалось впечатление, что «кто-то» передает сигналы так, чтобы приемник, настроенный на любую (в данном интервале) длину волны, смог их принять.

Более полугода английские радиоастрономы не решались оповестить мир о своем открытии. За это время, совершая

---

[1] И. С. Шкловский, Вселенная, жизнь, разум. Изд-во «Наука», 1976.

облет Солнца, Земля сместилась в пространстве на 300 миллионов *км*. Однако это обстоятельство никак не сказалось на положении пульсара — он оставался в прежней точке неба. Отсюда астрономы сделали вывод, что пульсар очень далек — расстояние до него, во всяком случае, не меньше, чем до ближайших звезд.

Когда наконец открытие стало известным, радиоволны пульсаров (их сейчас известно несколько десятков) были приняты на всех крупнейших радиоастрономических обсерваториях мира. Теперь нет никаких сомнений, что к нам на Землю приходят какие-то странные радиосигналы, несколько напоминающие искусственные.

Так, значит, наконец обнаружены инопланетяне, представители внеземных высокоразвитых цивилизаций? Подождем делать поспешный вывод. Ученым всегда свойственна осторожность, стремление снова и снова проверить факты, дать им самое простое, естественное объяснение. А ссылаться на инопланетян чересчур просто — в конце концов, деятельностью могущественного внеземного Разума можно объяснить все, что угодно.

Кто не слышал о лазерах, этих удивительных, как их называют, квантовых генераторах, которые создают очень узкие и в то же время необычайно мощные пучки света? Лазеры прочно вошли в современную технику, и им уже найдено самое разнообразное применение.

Каково же было удивление астрономов, когда внутри некоторых газовых туманностей они обнаружили действующие лазеры (точнее мазеры) поистине космической мощи! Несмотря на то что нас отделяют от этих космических лазеров десятки и сотни световых лет, их радиосигналы на волне около 18 *см* доходят до Земли и регистрируются земными радиотелескопами. В разреженных газовых туманностях, где были найдены эти удивительные объекты, нет ничего, что могло бы объяснить их радиоизлучение. Мало того — выяснилось, что это излучение меняется, и притом за короткие сроки. Вся совокупность этих странных явлений была названа астрономами «мистериумом», то есть в буквальном переводе «таинственным».

Как природа могла создать многочисленные лазеры (точнее мазеры), которые до 1965 года считались техническим изобретением человечества? Неужели и на этот раз радиотелескопы приняли передачи внеземных цивилизаций?

Ответа на эти вопросы наука пока не нашла. Не будем и мы пока спешить с выводами. Человечество еще только выходит на просторы космоса, и его наверняка ждут самые неожиданные сюрпризы.

Возможны два варианта: или принятые радиосигналы рож-

дены какими-то естественными источниками необычайной и пока непонятной нам природы, или космос на самом деле населен высокоразвитыми обществами разумных существ и человечеству удалось принять сигналы внеземных цивилизаций.

Подавляющее большинство астрономов придерживаются первого варианта. Пульсары они считают быстро вращающимися сверхплотными нейтронными звездами, «источники мистериума» — радиоизлучением молодых, зарождающихся звезд, сгущающихся из межзвездных облаков пыли и газа; квазары — объектами типа ядер галактик, излучающими по не вполне понятным причинам колоссальные количества энергии. Однако научные проблемы никогда не решаются голосованием, то есть большинством голосов. Так что кто здесь прав, остается неясным.

Если астроинженерия у внеземных цивилизаций находится на очень высоком уровне развития, то астроинженерные конструкции, окружающие звезду, как уже говорилось, будут излучать невидимые тепловые инфракрасные лучи. Значит, проявления деятельности «братьев по Разуму» следует искать среди инфракрасных источников излучения. Таких источников известно много, и у большинства из них их излучение объясняется вполне естественными причинами. Но есть один удивительный объект, расположенный в самом центре нашей Галактики. Инфракрасные лучи он излучает в миллионы раз сильнее, чем Солнце. Размеры же его весьма малы — всего в десять раз больше радиуса земной орбиты.

Здесь, в центре Галактики, есть много старых звезд, превосходящих по возрасту наше Солнце в 3—4 раза. Почему не предположить, что загадочный инфракрасный источник в центре Галактики есть какое-то искусственное астроинженерное сооружение некоей древней и потому весьма высокоразвитой цивилизации?

А ведь по соседству с этим источником есть и другие, похожие на него загадочные объекты. С другой стороны, ядра многих галактик отличаются необычным по масштабам выделением энергии, которое не удается объяснить ныне известными законами физики. Не действуют ли и здесь «братья по Разуму», овладевшие практически неисчерпаемой энергией физического вакуума?

Все эти вопросы остаются пока без ответа. Их решение может быть найдено только единственным путем — дальнейшим развитием астроинженерной деятельности человечества.

За рубежом разработано немало интересных проектов. Так, например, американцы предполагают в 1995 году послать автоматический зонд к ближайшей звезде Альфа Центавра.

Зонд будет посылать радиосигналы гипотетическим обитателям этой звездной системы и ретранслировать на Землю их ответы (если таковые, конечно, будут!). В 2000 году намечен полет к звезде Барнарда, той самой, около которой обнаружены планеты.

Много нового откроют орбитальные радиообсерватории. В условиях невесомости их приемные параболические антенны будут огромными — на первых порах до 10 *км* в поперечнике, а позже и того больше. По проекту «Циклоп», получившему в последнее время большую популярность, на орбиты предполагается вывести около тысячи радиотелескопов, объединенных друг с другом. Общая площадь их антенн превысит 20 *кв. км.* С ними, вероятно, удастся провести тщательное прослушивание нескольких тысяч ближайших звезд. Стоимость осуществления этого проекта оценивается в 100 миллиардов долларов — сумма огромная, но все же меньшая, чем нынешний годовой военный бюджет США.

Если два космических радиотелескопа поместить далеко друг от друга (например, в противоположные точки земной орбиты), они, будучи связанными приемной аппаратурой между собой, образуют «глаза» особенно зоркого прибора — так называемого радиоинтерферометра[1]. С его помощью удастся, быть может, уловить радиоизлучение планет типа Земли у ближайших десятков тысяч звезд! Все эти проекты предполагается осуществить к концу текущего столетия. А еще раньше, в 80-х годах, собираются вынести в космос на борту орбитального корабля 4-метровый рефлектор, который, вероятно, позволит рассмотреть планетные системы у ближайших звезд.

Советский Союз, родина космонавтики, обладает ныне крупнейшим в мире 6-метровым зеркальным телескопом и величайшим на нашей планете 600-метровым радиотелескопом. Оба эти недавно вступившие в строй исполинские инструменты включились в поиски внеземных цивилизаций. Наша страна примет самое активное участие и в постройке орбитальных радиотелескопов и астрономических обсерваторий.

Земная астроинженерия идет навстречу космической. Судя по всему, час первого контакта с инопланетным Разумом не за горами. Он обозначит собой великую веху в истории нашей планеты — включение человечества в Великое Кольцо Космических Цивилизаций.

ОГЛАВЛЕНИЕ

О том, что ждет читателя 3

РОЖДЕНИЕ ИДЕИ

Пушка Ньютона 7
Задача двух тел 10
Когда тел много 14
О Лагранже и точках либрации 17
Необычные спутники Земли 20
Звезда КЭЦ 24
Космическое колесо 27
План Циолковского 32

ИСКУССТВЕННЫЕ ЛУНЫ

Самый первый 39
Если бы Земля была точкой 43
Спутники возмущаются 46
Торможение, ускоряющее полет 50
Маневрирование в космосе 53
Космические труженики 58

ДОМА НА ОРБИТАХ

Много ли нужно человеку? 69
Об опасностях в космосе 74
Костюм космонавта 80
В кабине корабля «Восток» 84
От «Востока» до «Союза» 88
«Салюты» на орбитах 91
Экскурсия на «Скайлэб» 99
Рукопожатие в космосе 105
На службе человечеству 108

НООСФЕРА ОБЖИВАЕТ КОСМОС

Циолковский и Вернадский 117
От биосферы к ноосфере 121
Разум овладевает планетой 128
Все пути ведут в космос 132
Строительство на орбитах 135
Разные, разные станции... 141
Первые орбитальные города 150
«Эфирные поселения» 159
Жизнь между небом и Землей 163

БЕЗДНА МОГУЩЕСТВА

Реактивное движение 169
Сила и слабость химических ракет 172
Ядерные двигатели 174
Полет с малой тягой 176
Парадокс наизнанку 181
Космический парусный флот 184
Что такое гравилет? 188
На ракете — к звездам 190
Возможности пока что фантастические 193
Богатства Земли и космоса 195

В ПОИСКАХ АСТРОИНЖЕНЕРИИ

Где и что искать? 203
Планеты для людей 205
Радиотелескопы ловят позывные 210
Почему молчит космос? 215
Поиски «космического чуда» 217

Для среднего и старшего школьного возраста

Феликс Юрьевич Зигель

ГОРОДА НА ОРБИТАХ

ИБ № 3576

Ответственный редактор
Г. В. МАЛЬКОВА

Художественный редактор
И. Г. НАЙДЕНОВА

Технический редактор
Т. Д. ЮРХАНОВА

Корректоры
Ж. Ю. РУМЯНЦЕВА и Э. Л. ЛОФЕНФЕЛЬД

Сдано в набор 25.02.80. Подписано к печати 25.11.80. Формат 60×90/16. Бум. офс. № 1. Шрифт обыкновенный. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15. Уч.-изд. л. 13,18+8 вкл.=14,12. Тираж 100 000 экз. Заказ № 428. Цена 80 коп. Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Детская литература» Государственного комитета РСФСР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1. Калининский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР Росглавполиграфпрома Госкомиздата РСФСР. Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.

Зигель Ф. Ю.

З—59 Города на орбитах: Научно-популярная лит-ра/ Оф. А. Луцкого.—М.: Дет. лит., 1980.—223 с. ил.

В пер. 80 к.

Книга о долговременных космических станциях, о космических поселениях будущего, о проблемах создания экологических циклов в современных и будущих орбитальных станциях.

З $\frac{70803-554}{М101(03)80}$ 429—80

ББК 39.6
6Т5





80 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»